

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет електроенерготехніки та автоматики**

**Кафедра відновлюваних джерел енергії**

«На правах рукопису»  
УДК 621.311

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
Степан КУДРЯ  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою**

**«Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»**

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

**на тему: «Використання вбудованих ФЕП для покращення  
експлуатаційних характеристик комбінованого туристичного  
електротранспортного засобу»**

Виконав:

студент II курсу, групи ЕД-91мп

Ільченко Андрій Валерійович

\_\_\_\_\_

Науковий керівник: Ст. викладач, к.т.н.

Вишне夫ська Юлія Павлівна

\_\_\_\_\_

Консультант з \_\_\_\_\_:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Факультет електроенерготехніки та автоматики**  
**Кафедра відновлюваних джерел енергії**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Степан КУДРЯ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Ільченко Андрію Валерійовичу**

1. Тема дисертації: «Використання вбудованих ФЕП для покращення експлуатаційних характеристик комбінованого туристичного електротранспортного засобу», науковий керівник дисертації Вишневська Юлія Павлівна, старший викладач, к.т.н., затверджені наказом по університету від «09» листопада 2020 р. № 3260-с.
2. Термін подання студентом дисертації: «17» грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження: пересувна зарядна система для туристичного електротранспорту з використанням вбудованого фотомодуля .
4. Вихідні дані:
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
  - а) розрахувати та проаналізувати генерацію фотомодуля при різних кутах встановлення;
  - б) розглянути втрати в умовах затінення фотоелемента;
  - в) ознайомитись з ринком електротранспорту;

- г) обрати фотомодуль з урахуванням всіх можливих недоліків умов використання;
- г) вибрати контролер заряду та акумуляторну батарею;
- д) розробити схему підключення фотоелемента, контролера та акумуляторів;
- е) розрахувати зміни експлуатаційних характеристик туристичного електротранспорту;
- є) розрахувати вартість проекту, оцінити економічну привабливість;
- ж) розробити стартап;
- з) охорона праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- а) плакат (назва магістерської дисертації);
- б) опис проекту;
- в) аналіз генерації;
- г) аналіз вибору елементів зарядної станції;
- г) аналіз змін експлуатаційних характеристик;
- д) електрична схема підключення фотоелемента, контролера та акумуляторів;
- е) розроблення стартап проекту та оцінка вартості проекту.

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези доповіді в Міжнародному науково-технічному журналі молодих учених, аспірантів і студентів "СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ".

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання «02» листопада 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Робота з літературою і написання вступу	02.11.2020 – 06.11.2020	
2	Короткий огляд ринку електротранспорту	06.11.2020 – 09.11.2020	
3	Короткий огляд потенціалу генерації	09.11.2020 – 12.11.2020	
4	Вибір обладнання та розробка пересувної зарядної станції	12.11.2020 – 23.11.2020	
5	Розрахунок змін експлуатаційних характеристик електротранспортного засобу	23.11.2020 – 01.12.2020	
6	Розробка стартап-проекту	01.12.2020 – 07.12.2020	
7	Охорона праці	07.12.2020 – 10.12.2020	
8	Оформлення роботи і підготовка до захисту	10.12.2020 – 15.12.2020	

Студент

Андрій ІЛЬЧЕНКО

Науковий керівник

Юлія ВИШНЕВСЬКА

## **Анотація**

### ***Актуальність проблеми.***

Розвиток електротранспорту має ряд труднощів, однією з яких є питання зарядних станцій. Рішення даної проблеми дозволить збільшити привабливість використання електротранспорту, дана робота націлена на поліпшення експлуатаційних характеристик електровелосипедів завдяки збільшенню запасу ходу.

### ***Мета і задачі дослідження.***

Розроблення та покращення експлуатаційних характеристик комбінованого туристичного електротранспортного засобу шляхом комбінування електровелосипеда з причіпною рухомою СЕС.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

1. Проаналізувати особливості отримання і перетворювання енергії сонця з урахуванням постійної зміни умов надходження сонячної радіації;
2. Вивчити наявні рішення на ринку електротранспорту;
3. Провести розрахунки очікуваного надходження від ФЕП з урахуванням сезонних факторів та специфіки їх експлуатації на рухомому транспорті.
4. Здійснити підбір генеруючого та акумулюючого обладнання відповідно до заданих проєктних показників;
5. Розробити модель причіпної рухомої СЕС з урахуванням можливості реалізації підсистеми акумулювання як на стороні електровелосипеда, так і на стороні СЕС.

**Об'єкт дослідження.** Процеси перетворювання енергії у рухомих сонячних електростанціях малого електротранспорту на основі фотоелектричних перетворювачів з підсистемою акумуляування.

**Предмет дослідження.** Удосконалення експлуатаційних характеристик малого електротранспорту шляхом пошуку оптимального конструктивного виконання рухомої СЕС та раціонального співвідношення генеруючих та акумуляуючих потужностей.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених задач використовувались положення фотовольтаїки, та програмне забезпечення для проведення розрахунків Microsoft Excel 2019 та MathCAD 2019 та AutoCAD 2019.

**Наукова новизна.** Показано доцільність застосування ФЕП типу “shingled cell” для підвищення ефективності рухомої СЕС та поліпшення експлуатаційних характеристик комбінованого електротранспортного засобу на її основі.

**Практичне значення.** Використання комбінованих електротранспортних засобів з вбудованими або причіпними рухомими СЕС дає змогу поліпшити їх експлуатаційні характеристики, такі як відстань пробігу без підзарядки, а також знизити вимоги до зарядної інфраструктури, що сприятиме підвищенню швидкості впровадження таких систем і темпів переходу до зеленої економіки.

Дипломний проект складається з: аркушів - 72 , таблиць – 9, рисунків – 32.

**Ключові слова:** електротранспорт, електровелосипед, зарядна станція, пересувна зарядна станція.

## **Anotation**

### *The urgency of the problem.*

The development of electric vehicles has a number of difficulties, one of which is the issue of charging stations. The solution to this problem will increase the attractiveness of the use of electric vehicles, this work aims to improve the performance of electric bicycles by increasing the power reserve.

### *The purpose and objectives of the study.*

Development and improvement of operational characteristics of the combined tourist electric vehicle by combining the electric bicycle with the trailer mobile SES.

To achieve this goal it is necessary to solve the following main tasks:

1. Analyze the features of obtaining and converting solar energy, taking into account the constant changes in the conditions of receipt of solar radiation;
2. To study the available solutions in the electric transport market;
3. Calculate the expected revenue from FEP, taking into account seasonal factors and the specifics of their operation on mobile vehicles.
4. Carry out selection of generating and accumulating equipment in accordance with the set design indicators;
5. To develop a model of a trailed mobile SES taking into account the possibility of implementing the storage subsystem both on the side of the electric bicycle and on the side of the SES.

*Object of study.* Energy conversion processes in mobile solar power plants of small electric vehicles based on photovoltaic converters with storage subsystem.

*Subject of study.* Improving the performance of small electric vehicles by finding the optimal design of the mobile SES and the rational ratio of generating and accumulating capacity.

*Research methods.* To solve the set tasks, the provisions of photovoltaics and software for calculations of Microsoft Excel 2019 and MathCAD 2019 and AutoCAD 2019 were used.

*Scientific novelty.* The expediency of using a shingled cell FEP to increase the efficiency of a mobile SES and improve the performance of a combined electric vehicle based on it is shown.

*Practical meaning.* The use of combined electric vehicles with built-in or trailed mobile SES allows to improve their performance, such as mileage without recharging, as well as reduce the requirements for charging infrastructure, which will increase the speed of implementation of such systems and the pace of transition to a green economy.

Thesis project consists of: sheets - 72, tables - 9,  
drawings – 32.

Keywords: electric transport, electric bicycle, charging station, mobile charging station.



## Зміст

ВСТУП .....	10
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	11
РОЗДІЛ 1. ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРОВЕЛОСИПЕДИ .....	12
1.1 Історія винаходу електровелосипеда .....	13
1.2 Прогнози на майбутній розвиток електровелосипедів .....	26
1.3 Ринок електровелосипедів зараз.....	28
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТА РОЗРОБКА ПРИЧЕПУ С ВБУДОВАНОЮ ФЕП.....	30
2.1 Вибір фотомодуля .....	31
2.2 Розрахунок інсоляції.....	38
2.3 Вибір контролера заряду .....	48
2.4 Вибір акумулятора .....	50
2.5 Розрахунки можливо досяжного збільшення запасу ходу .....	52
РОЗДІЛ 3 СТАРТАП-ПРОЕКТ.....	56
3.1 Опис сартап-проекту.....	57
3.2 Економічний розрахунок проекту .....	58
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	61
4.1 Охорона праці та її основні поняття .....	62
4.2. Вимоги безпеки під час використання сонячних батарей .....	64
4.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	67
4.4 Перша допомога при нещасних випадках. ....	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	72

## ВСТУП

Бажання людей зменшити негативний вплив на навколишнє середовище за допомогою відновлюваної енергетики виявилося не просто бажанням але і дією. У цьому ми самі можемо легко переконатися, ознайомившись з статистикою розвитку за останні десятиліття, і станом на 2020 рік "зелена" енергія вже становить 27% від усієї виробленої енергії.

Сонячна енергетика, в свою чергу, становить 35-40% від всієї відновлюваної енергії. Цей стрімкий розвиток дає поштовх для суміжних напрямів, наприклад, таких як зберігання виробленої електроенергії - акумулятори, що в свою чергу призводить до розвитку електротранспорту. І мова йде не тільки про електроавтомобілі але й електровелосипеди набули нового вигляду. Все більше велосипедних виробників почали включати електровелосипеди в свої модельні ряди. Але питання тривалості експлуатації все так же залишається відкритим, і мова не тільки про ємності акумуляторів а й про зарядні станції.

Саме з цього, розвиток в сторону більш комфортного використання електротранспорту актуально з огляду на його збільшення на ринку України.

У цій роботі розроблено проект пересувної зарядної станції, було проведено розрахунок можливої генерації, підбір обладнання, оцінка зміни експлуатаційних характеристик та економічний розрахунок.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СР – сонячна радіація;

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

MPPT – Maximum Power Point Tracker;

СЕС – сонячна електрична станція;

DC – direct current (постійний струм);

AC – alternating current (змінний струм);

ФЕМ – фотоелектричний модуль;

ФЕС – фотоелектрична станція;

## РОЗДІЛ 1. ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРОВЕЛОСИПЕДИ

## 1.1 Історія винаходу електровелосипеда

Історія електричних велосипедів почалася більше 120-ти років тому. Вона пройшла через кілька періодів зльотів і падінь, безліч винаходів і технологічних удосконалень.

У 1867 і 1886 роках, ще до першої появи електричного велосипеда, два різних винахідника придумали моторизовані велосипеди, один з яких обладнали паровою машиною, а другий - двигуном внутрішнього згоряння. Переживши розквіт, згодом такі велосипеди ставали все менш і менш популярними. Сьогодні ми можемо зустріти поодинокі екземпляри таких моделей.

У 1890-х роках, електричні велосипеди починають патентуватися в США. Наприклад, 31 грудня 1895 року Огден Болтон - молодший отримав патент на велосипед з акумулятором і моторизованим колесом під назвою «Модульне моторизоване електричне колесо з концентратором для установки на велосипеди». Ця подія дала поштовх розвитку нового поняття «електричний велосипед».

У ньому не було передач, і мотор міг споживати до 100 ампер від 10-ти вольтової батареї. Перше "мотор колесо" було захищено від негоди металевими пластинами. Електродвигун складався з 6 електромагнітів, (рис. 1.1) які обертали колесо навколо своєї осі. До кожної котушки був прикріплений механізм, що захищає від прокручування колеса у зворотний бік.



H. W. LIBBEY.  
ELECTRIC BICYCLE.

No. 596,272.

Patented Dec. 28, 1897.

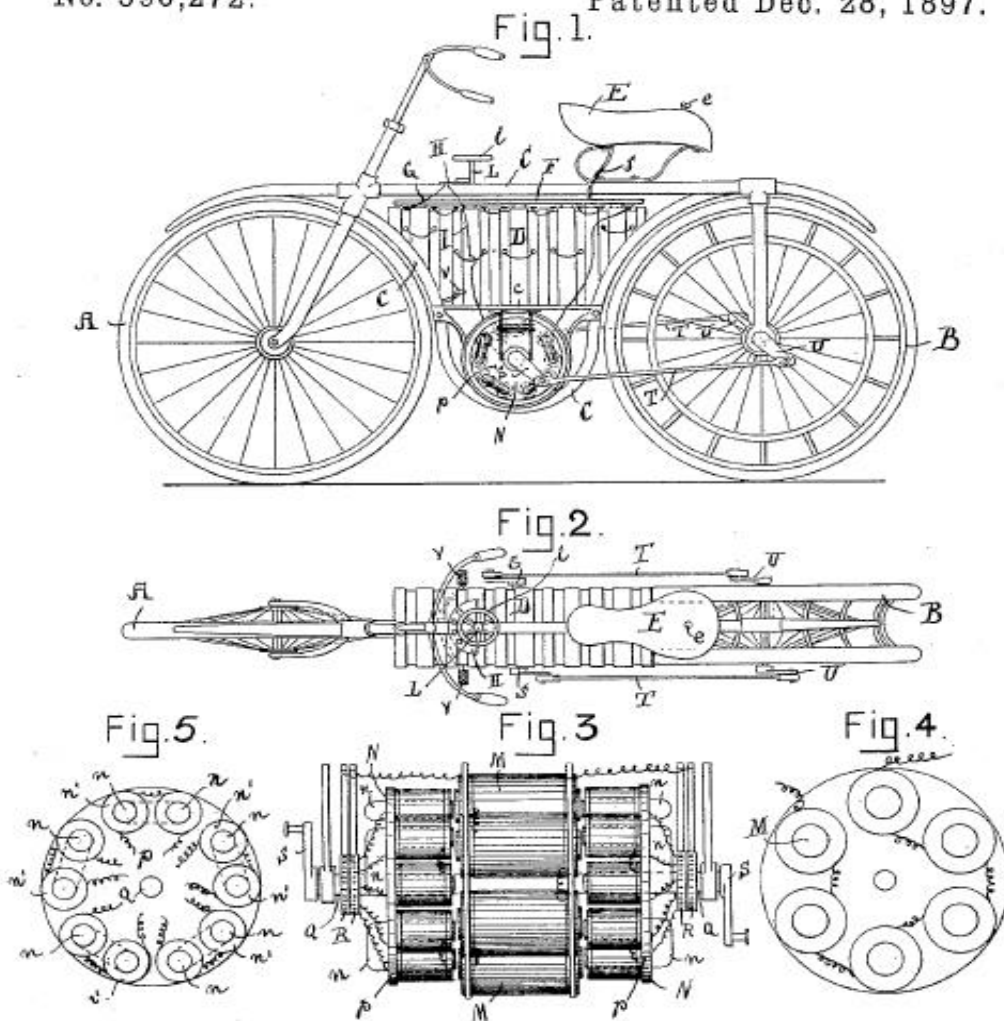


Рисунок 1.2 - Електричний велосипед з двома акумуляторами, який приводився в рух за допомогою «подвійного електродвигуна».

Принцип роботи цієї конструкції лежить в основі всіх сучасних "мотор коліс" з прямим приводом (без планетарної передачі всередині "мотор колеса"). Принцип роботи полягав в наступному, на рівних ділянках дороги використовувалася тільки одна батарея, а при подоланні підйомів підключалася друга. Таким чином - економія енергія і полегшення обертання педалей. Це, ймовірно, перша форма контролера електричного велосипеда.

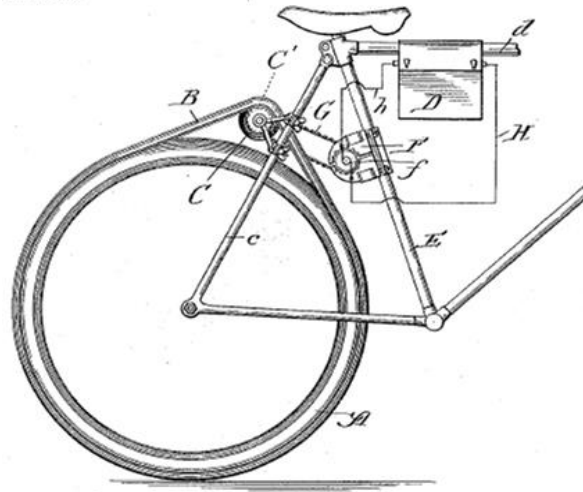


Рисунок 1.3 – Електричний велосипед з приводним ремнем.

У листопаді 1898 року Метью Дж. Стефенсом був запатентований електричний велосипед, в якому використовується приводний ремінь, встановлений уздовж зовнішнього краю заднього колеса. На рисунку 1.3, видно, що ремінь притискається до землі колесом. Ролик двигуна мав форму, що запобігає зісковзуванню ремня. Складно уявити собі подолання відрізків шляху з брудом і калюжами на такому агрегаті. Автор виявив творчий підхід до цього винаходу, але це не додало йому практичності.

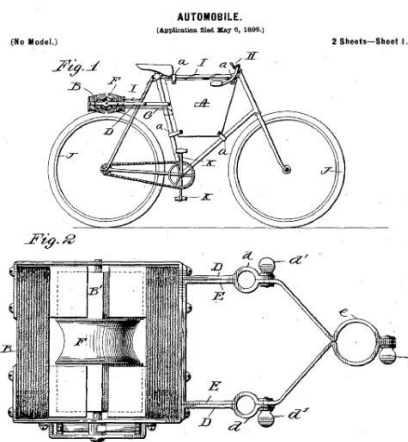


Рисунок 1.4 - Роликовий електродвигун

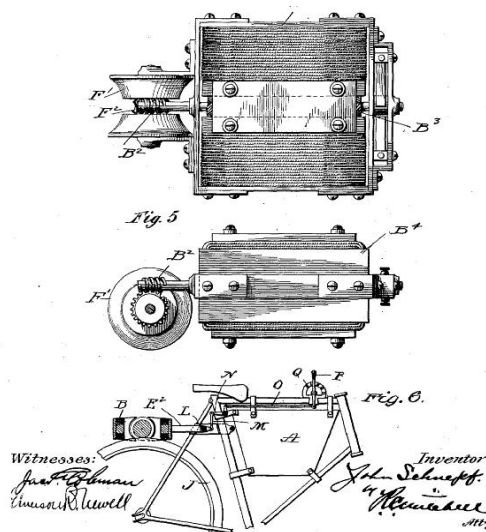


Рисунок 1.5 – Принцип кріплення електродвигуна



У 1899-му році Джоном Шнепфом був винайдений роликовий електродвигун( Рис 1.4), що обертає заднє колесо. Невеликий мотор кріпився до задньої стійки велосипеда(Рис 1.5) і отримував енергію від акумулятора, закріпленого на рамі. Обертання ролика приводило в рух заднє колесо. Але так як діаметр колеса багаторазово перевищував діаметр ролика, він повинен був обертатися зі значною швидкістю, чого не дозволяв невеликий мотор з черв'ячним редуктором.

Також залишається загадкою, як автор винаходу припускав їздити під час або після дощу. Адже валик буде просто прокручуватися, не даючи потрібного ефекту. Винахід Шнепфа в 1969 році було переглянуто і розширено Г.А. Вудом молодшим ( Рис 1.6).

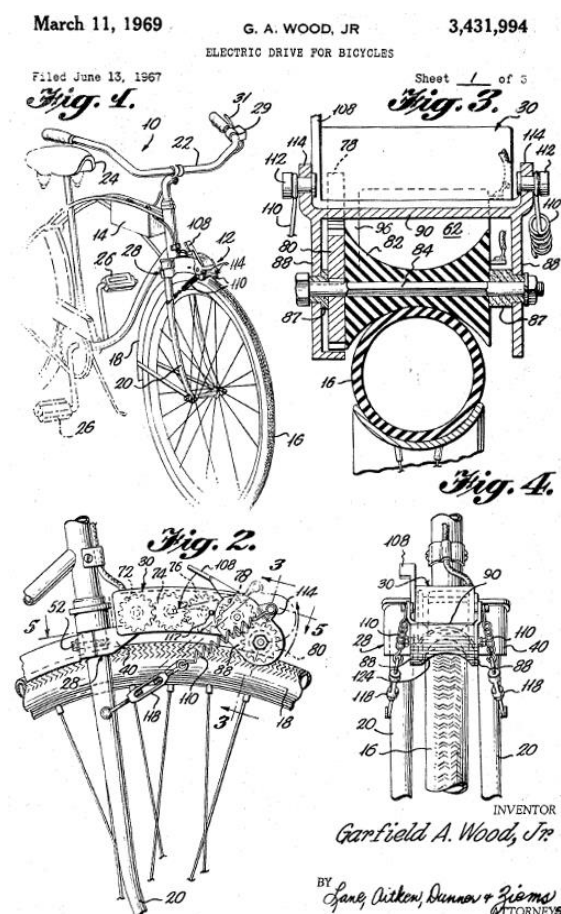


Рисунок 1.6 – Вдосконалення винахіду Шнепфа Г.А. Вудом молодшим

Пристрій Вуда використовував 4 двигуна. Кожен мав потужність менше половини кінської сили і був пов'язаний з ведучим колесом через

серію передач. Хоч це і був поліпшений варіант винаходу Щнепфа, він не завоював особливої популярності у споживачів, так як ефективність двигуна значно залежала від чистоти дороги.

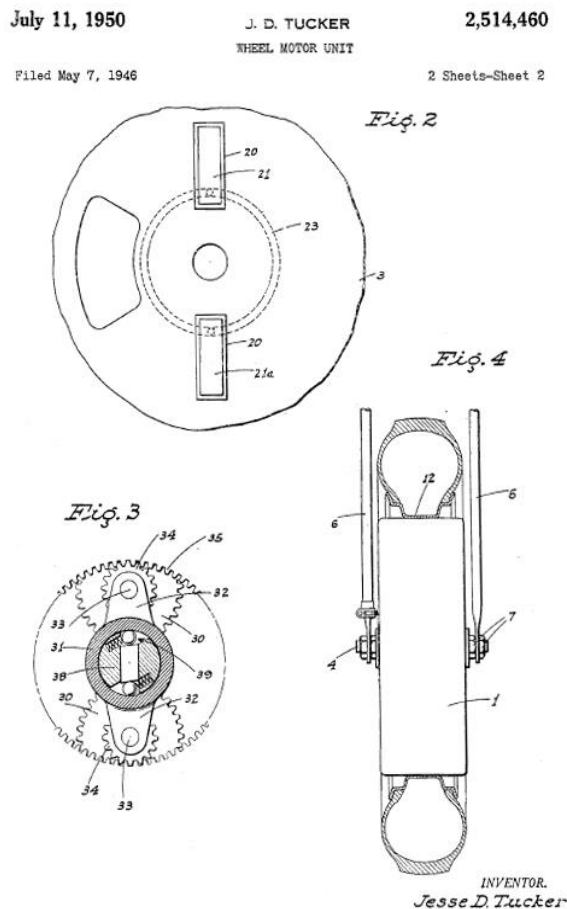


Рисунок 1.7 – Патент Джессі Такера

У 1946 році Джессі Д. Такер отримав патент на двигун з внутрішніми зубчастими передачами і муфтою вільного ходу (Рис 1.7). Муфта вільного ходу дозволяла обертатися колесу на холостому ходу, тобто без обертання педалей. Можливо, це було не першим винаходом такого типу, але Джессі Такер отримав патент на одну з найбільш важливих функцій електричного велосипеда - можливість обертання педалей, як під час роботи двигуна, так і в її відсутності. Створення муфти вільного ходу уможливило появу електровелосипедів, керованих акселератором.

Цей принцип конструкції і сьогодні використовується в редукторних "мотор колесах", забезпечуючи приводу невеликі габарити і достатній крутний момент.

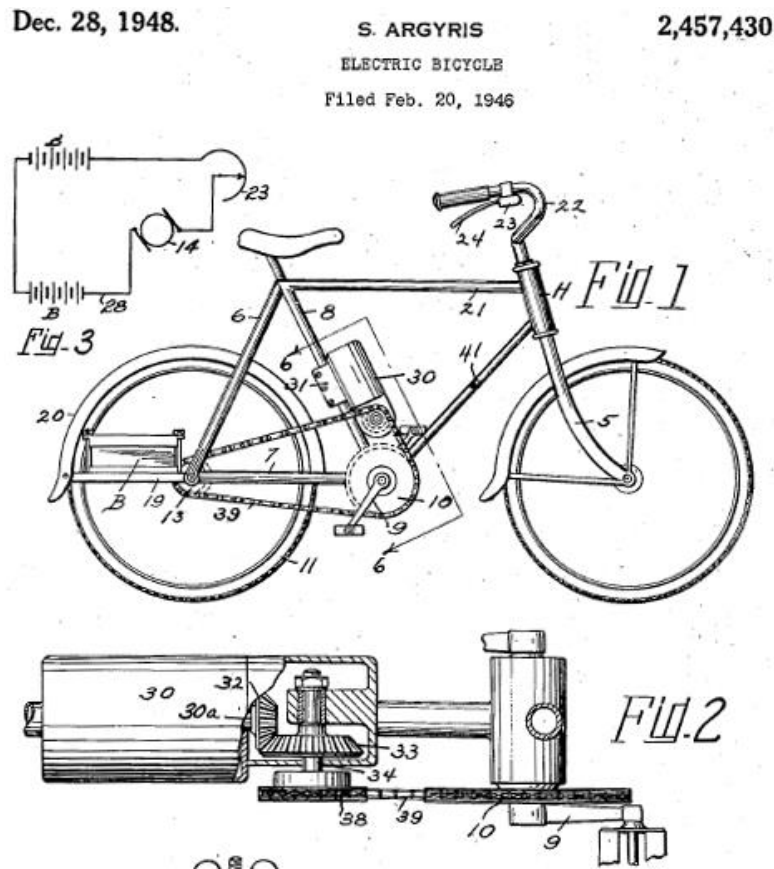


Рисунок 1.8 – Патент С. Арджирис на електровелосипед з ланцюговим електродвигуном

28 грудня 1948 року С. Арджирис отримав патент на електричний велосипед, який використовує ланцюговий електродвигун (Рис 1.8). Автор розташував 2 батареї по обидва боки заднього колеса, що покращувало поперечний баланс. Однак через це страждав поздовжній баланс велосипеда, так як основна вага припадала на заднє колесо. Наступні винаходи враховували цей недолік і встановлювали батареї ближче до задньої стійки або на задній багажник електровелосипеда. На жаль, в патенті не вказуються характеристики двигуна або батарей, але відомо, що ця конструкція згодом вплинула на збільшення популярності установки зовнішніх ланцюгових електродвигунів на велосипедах.

Після цього було придумано безліч різноманітних конструкцій і типів електровелосипедів. Але визнання і поширення набули тільки 4 основних виду приводу велосипедів, які використовують:

- мотор колеса;
- двигуни вбудовані в маточину педального вузла;
- зовнішні двигуни з ланцюговим приводом;
- зовнішні двигуни з роликовим приводом.

В кінці 1990 року були розроблені датчики крутного моменту і управління потужністю. Вони є пристроєм для вимірювання і реєстрації крутного моменту на оборотній системі, а саме двигун, колінчастий вал і т.д. Ці датчики дозволили контролювати витрату енергії і керувати потужністю двигуна. Винахід датчиків крутного моменту, потужності, управління, нових батарей і вдосконалених електродвигунів дозволили виробництву електровелосипедів перейти на новий рівень.

У 1992 році компанія Vector Services Limited починає продаж серійного електричного велосипеда, під назвою «Zike». Велосипед оснащувався нікель-кадмієвими акумуляторами, які були вбудовані в раму і двигуном, масою 850 грам, з постійними магнітами. Крім Zike, в 1992 році складно було знайти серійний електровелосипед.

У 1997 році випущений «Select» - інша успішна модель серійного електровелосипеда. На початку 21-го століття кілька великих виробників електроустаткування починають виробництво герметизованих агрегатів приводу, вбудованих в педальний вузол. Спочатку Yamaha, а потім Panasonic. Агрегат від Panasonic встановлювався на китайські марки аж до 2006 р.



*Рисунок 1.9 – Велосипед с электродвигуном вбудованим в колінчастий вал.*

На рисунку 1.9 представлений представник класу електровелосипедів з двигуном, вбудованим в колінчастий вал. Цей варіант конструкції сьогодні використовують такі виробники, як Raleigh, Swiss Flyer, Monarch, Kettler and Kalkhoff, Specialized, Canyon, Santa Cruz та багато інших.

До 1998 року на світовому ринку було, щонайменше, 49 різних серійних електричних моделей велосипедів. Виробництво з 1993 по 2004 рік зросло приблизно на 35%. У 1995 році світове виробництво електровелосипедів вже становило близько 107 млн. одиниць.

Більшість недорогих моделей, в тому числі і ТМ «Volta bikes», до теперішнього часу використовують недорогі свинцево-кислотні батареї. Дорожчі моделі ТМ «Volta bikes» та інших виробників оснащуються нікель-кадмієвими, нікель-металгідридними і літій-іонними батареями. Згодом, технічні характеристики електровелосипедів поліпшуються, збільшується запас ходу і швидкість.

До 2001 року увійшли в обіг терміни «E-Bike, power bike, pedelec, assisted bicycle і power-assisted bicycle», які використовуються для опису електричних велосипедів.

«E-Bike», за інформацією Google, - найбільш популярний термін в англomовному інтернеті. Термін «E-Bike» зазвичай використовуються для електровелосипедів, які оснащені рукояткою акселератора. Терміни «Electric Motorbike» або «E-Motorbike» використовувалися для опису більш потужних моделей, що досягають до 80 км / ч. Термін «pedelec» зазвичай відноситься до електровелосипедів, обладнаний датчиками крутного моменту і/або швидкості з регулятором потужності, який забезпечує допомогу тільки в тому випадку, якщо велосипедист обертає педалі. Термін «Assisted bicycle» (Велосипед з помічником) - використовується для опису електровелосипеда в канадському законодавстві.

2000-ні роки ознаменувалися зростанням популярності так званих електронних наборів або комплектів для переобладнання велосипедів на електротягу. Комплекти складаються з мотор колеса, контролера, рукоятки акселератора і/або системи pedal-assist, а в найбільш повних комплектаціях - бортового комп'ютера. Так як вартість серійних моделей електровелосипедів становила близько \$ 2500 і вище, не кожен міг собі дозволити купити його. Набагато дешевше було переобладнати вже наявний велосипед. Ті, хто не мав велосипеда - купували недорогі моделі і обладнували їх "мотор колесами", або ланцюговими електродвигунами. Завдяки попиту на окремі запчастини до електровелосипеду і з'явилися так звані «conversion kit» - набори для перетворення. В основному, такі набори проводилися в Китаї, але з 2008 року ними зайнялися європейські та американські компанії.

Наприклад, корпорація BionX реалізує електронні набори власного виробництва. Завдяки консолідації ринку і популяризації електронних наборів все більшу кількість людей могли похвалитися володінням електровелосипеда. Компанія «Volta bikes» продає набори та компоненти

китайського виробництва, проте це не означає, що їх якість гірша, ніж у американських або європейських виробників, - не дарма Китай країна №1 по виробництву електровелосипедів в світі. А ось ціна наборів Volta bikes нижче, ніж у багатьох інших компаній. При стабільно хорошій якості, без сумніву це дуже важлива перевага.

У 2002 році Європейський Союз прийняв закон, яким наклав обмеження на потужність електродвигуна до 250Вт і максимальну швидкість електровелосипеда 25 км/год без реєстрації. В Канаді - 500Вт і 32 км/год відповідно. У різних штатах Америки закони різночуде відрізняються і мають великий діапазон обмежень: від 32 до 56 км/год і потужності двигуна від 750Вт до 1100Вт.

На сьогоднішній день Китай є провідним виробником електровелосипедів в світі. За даними з Китайської велосипедної Асоціації, в 2004 році виробники Китаю продали 7500000 електровелосипедів по всій країні, що в 2 рази більше, ніж в 2003 році. Продажі на внутрішньому ринку досягли позначки в 10 мільйонів одиниць в 2005 році, і від 16 до 18 млн. в 2006 році. До 2007 року електричні велосипеди, становили від 10 до 20 відсотків усіх двоколісних транспортних засобів на вулицях багатьох великих міст Китаю. Найбільша кількість електровелосипедів було експортовано з Китаю в 2006 році - 3 млн. Одиниць на суму 40 млрд. Юанів (\$ 5,8 млрд.).

З 2009 року, коли про глобальне потепління і катастрофічну екологічну ситуацію заговорили всерйоз, уряди і корпорації багатьох країн почали великомасштабний інвестування в розробку і виробництво електротранспорту. Ці роки були особливо багаті на інновації, що визначили курс розвитку індустрії на наступне десятиліття.

Наприклад, 15 грудня 2009 року на Копенгагенській конференції зі зміни клімату дослідники з MIT (Massachusetts Institute of Technology) представили публіці цікавий винахід - Copenhagen Wheel. «Копенгагенська колесо» - було моторизованим колесом, акумулятором, контролером і набором різноманітних датчиків «в одному флаконі» ( Рис. 1.10).

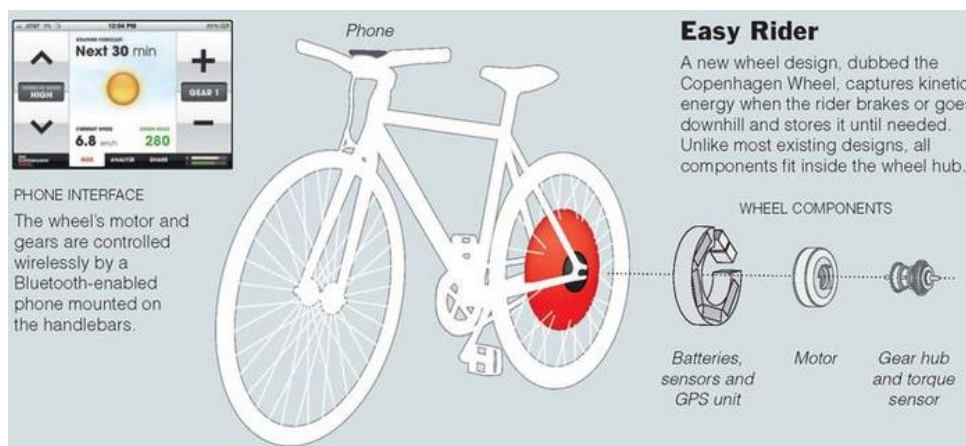


Рисунок 1.10 - Copenhagen Wheel.

Управління мотором здійснювалося за бездротовою технологією Bluetooth, з програми на iPhone. У додатку ви могли дізнатися погоду, рівень забруднень в даній місцевості, відстежити пробки, знайти друзів і використовувати iPhone як бортовий комп'ютер електровелосипеда. Унікальною особливістю копенгагенського колеса була можливість легкого і швидкого перетворення велосипеда в «pedelec» (електровелосипед з функцією pedal-assist). Все, що потрібно споживачеві - це придбати колесо і завантажити додаток на iPhone.

Також конструкція колеса дозволяє використовувати технологію KERS (система повернення кінетичної енергії), яка використовується в автомобілях Формули-1. Для нас цей термін більш відомий як «рекуперація». На швидкісних спусках або під час гальмування, кінетична енергія перетворюється двигуном в електроенергію і повертається в батарею. На підйомах система діє навпаки: завдяки датчикам тиску на вилку, двигун додає потужності, полегшуючи підйоми в гору.



Винахід Огдена Болтона молодшого не втратив своєї актуальності сьогодні і очевидно буде використовуватися ще не одним поколінням людей. Він заклав основу для втілення в життя польоту фантазії винахідників і вчених. Десятки тисяч електровелосипедів створюються за принципом «мотор колеса». Наприклад, канадські виробники в 2010 р створили електровелосипед з бездротовим керуванням, на зразок Копенгагенського колеса. Вся електроніка знаходиться всередині "мотор колеса" і управляється дистанційно, завдяки маніпуляторам на кермі.

Звичайно, не всі винахідники обмежували свою фантазію законодавчими заборонами на велику потужність двигуна і максимальну швидкість і створювали неординарні, потужні електровелосипеди.

Наприклад, Pibike (2011 р) може проїхати 72 км на одному заряді акумулятора зі швидкістю до 64 км/год, але його ціна не дозволено висока не тільки для середньостатистичних українців, а й більшої частини населення планети.

## 1.2 Прогнози на майбутній розвиток електровелосипедів

У найближче десятиліття експерти пророкують бум розвитку електротранспорту. При цьому основний приріст очікується не за рахунок таких відомих автомобілів як Tesla Model 3 або Cybertruck, і навіть не скутерів. Пальма першості буде за електровелосипедами.

Повірити в це поки дуже складно, адже з 2006 по 2012 рік продажі електробайків склали всього 1 відсоток від загального числа реалізованих велосипедів. Так, в 2013 році в Європі їх було продано 1,8 мільйона, а в США всього 185,000. Тим більше американці, відомі своєю любов'ю до великих автомобілів, взагалі всерйоз не розглядають легкі байки як засіб пересування.

Але ситуація почала змінюватися, завдяки покращенням у технології літієво-іонних акумуляторів, зниження цін, збільшення запасу ходу, а також поступового переходу від автомобілів з ДВС на транспорт з нульовим рівнем викидів.

У щорічному прогнозі розвитку технологій, засобів масової інформації та телекомунікацій, який готує компанія Deloitte, йдеться, що світові продажі електровелосипедів з 2020 по 2023 роки складуть близько 130 мільйонів штук. Компанія також відзначає, що кількість електробайків на дорогах перевищить число інших електричних транспортних засобів вже до кінця наступного року.

Прості математичні підрахунки показують, що так, мабуть, і буде. Якщо вірити звіту Deloitte, щорічно приріст продажів велосипедів на електротязі становитиме 40 мільйонів. А згідно з прогнозом розвитку електротранспорту (Global EV Outlook 2019), підготовленого Міжнародним енергетичним агентством, в 2025 році буде продано тільки 12 мільйонів електромобілів (зараз їх на дорогах 5,1 мільйона).

Безумовно, зростання продажів електровелосипедів призведе і до зміни транспортних звичок. Deloitte прогнозує збільшення числа людей, які їздять на роботу на велосипедах з 2019 до 2022 року, на 1 відсоток. На перший погляд цифра не така і велика, але, з огляду на великий нереалізований потенціал, різниця буде вражаючою. Десятки мільярдів додаткових поїздок на велосипеді в рік означають зменшення використання автомобілів та, як наслідок, скорочення шкідливих викидів.

Виконавчий директор центру технологій, медіа та телекомунікацій Deloitte Джефф Лаукс прогнозує, що продажі електричних велосипедів в США не будуть рости рівномірно по всій країні. На його думку, найвищі показники очікуються в містах.

А за даними дослідницької компанії NPD Group, продажі електровелосипедів в США підскочили на неймовірні 91 відсоток з 2016 по 2017 рік, а потім ще на 72 відсотки з 2017 по 2018 рік, досягнувши вражаючих 143,4 мільйона доларів. Але Метт Пауелл з NPD вважає, що Deloitte і інші компанії трохи переоцінюють можливості електробайків. Він прогнозує продажу тільки 100 000 електричних велосипедів в США на 2020 рік.

Велосипеди мають деякі очевидні переваги перед електромобілями: вони дешевші, їх легше заряджати, і вони не вимагають величезних інвестицій в підтримуючу інфраструктуру. Але, треба визнати, цей транспортний засіб підходить далеко не для кожного. Багато просто відчують себе небезпечно на двоколісних роверах, на них незручно перевозити дітей або вантажі. Але в Deloitte впевнені, що електрифікація дозволить вирішити ці проблеми, тим більше що пересування на велосипеді з електротягою не вимагає олімпійської фізичної підготовки.

### 1.3 Ринок електровелосипедів зараз

Глобальна індустрія мобільності змінюється. В останні роки не тільки спостерігається зростання попиту на електромобілі і гібридні автомобілі, але і відбуваються помітні зміни в індивідуальній мобільності. Йдеться про велосипеди і їх недавньому оновленні - електровелосипеди.

Попит на більш здорові поїздки з меншим забрудненням і впливом на дорожній рух у всьому світі стрімко зростає, і все більше міст і країн приділяють пріоритетну увагу тому, щоб їх дороги були зручними для велосипедистів. Наприклад, в 2016 році Копенгаген оголосив, що вперше в історії на вулицях стало більше велосипедів, ніж машин. І хоча вже кожен 19-й чоловік в світі купує велосипед в рік, а загальне виробництво велосипедів в 2,5 рази перевищує виробництво автомобілів, в 2018 році на їзду на велосипеді доводиться лише 1% загального дорожнього руху в порівнянні з 77% для таксі та автомобілів.

В основному, через що люди не використовують велосипед як повсякденний транспорт, - це поїздки по височині, далекі відстані і прибуття в пункт призначення втомленим і просоченим потом. Очікується, що це зміниться з появою електровелосипедів, які покликані звести нанівець ці проблеми.

Електровелосипеди розрізняються по конструкції, типу (з педалями або без), запасу ходу, швидкості і, в кінцевому підсумку, ціною.

Зараз, кожна відома велосипедна компанія, має хоча б один (а найчастіше 3 і більше) електровелосипед в своєму модельному ряду. Конструктивно ж використовується два основних типи.

Перший - двигун вбудований в колесо, акумулятор встановлюється на раму, так само на кермо встановлюється ручка контролю газу і опціонально комп'ютер з необхідною інформацією. Найчастіше такі електровелосипеди саморобні. Так як це конструктивне рішення найчастіше застосовується на

звичайні велосипеди, іншими словами, маючи звичайний велосипед його власник легко можете переробити його в електро купивши спеціальний набір, в який будуть включені вище вказані компоненти.

Основним недоліком даного типу конструкції є тільки 2 типу їзди. Або людина їде використовуючи м'язову силу, або ж рух відбувається тільки за рахунок електродвигуна. І в даній ситуації, запаси ходу дуже невеликі і становлять від 30 до 50 км, в залежності від умов експлуатації. Основним плюсом даного варіант є низька вартість порівняно з другим варіантом.

Другий же варіант передбачає установку електродвигуна на заводі виробника. У даній ситуації електродвигун вбудовується в раму, а саме в кареточний вузол, і з'єднується з педалями. У даній ситуації мотор використовується як помічник, збільшуючи крутний момент, котрий надається людиною. Основним плюс є запас ходу, який може досягати 200 км. Основним недоліком є висока вартість, щодо першого варіанту і не можливість модернізації звичайного велосипеда в електровелосипед.

У таблиці 1.1 нижче будуть наведені основні характеристики електровелосипедів двох типів та різних цінових категорії, які і будуть відправною точкою для подальших розрахунків.

Тип велосипеда	Назва моделі	Максимальна швидкість, км/год	Запас ходу, км	Потужність, Вт	Вольтаж двигуна, В	Тип акумулятора	Ємність акумулятору, Вт/год	Вага, кг	Вартість, грн
Електродвигун вбудований в колесо	TRINX E-Bike X1E 17	30	50	250	36	Літій-іонний	188	18,5	27898
	Titan Sorento	25	45	350	36	Літій-іонний	360	19,8	15500
	UVOLT Spark Lance	55	50	500	48	Літій-іонний	630	21,2	33000
Електродвигун вбудований в велосипед	Haibike SDURO HardNine 1.0	25	40-150	250	36	Літій-іонний	400	22,6	67500
	Haibike SDURO FullNine 4.0	25	40-200	250	36	Літій-іонний	500	22,7	101250
	Scott Spark eRIDE 910	25	100	250	36	Літій-іонний	504	23,3	142000

Таблиця 1.1 – Характеристики електровелосипедів.

## РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТА РОЗРОБКА ПРИЧЕПУ С ВБУДОВАНОЮ ФЕП

## 2.1 Вибір фотомодуля

Кремнієві PV-модулі поділяють на монокристалічні та полікристалічні. Принципова різниця між полі і моно панелями полягає у їх методології виготовлення. Наприклад, монокристал, що формує основу панелі, виробляється методом Чохральського або зонного плавлення. Перший полягає в повільному обертанні кристалу кремнію із розплаву напівпровідника. В результаті чого, отримуємо високоочищений (99%) кремнієвий кристал, котрий характеризується підвищеним ККД, кращими температурними характеристиками, вищою ефективністю за умов попадання на нього прямих сонячних променів. В свою чергу, полікристал кремнію виробляється шляхом переплавлення різних кристалів в один суцільний. Як наслідок, полікристалічні сонячні панелі є дешевшими по ціні за монокристал, мають нижчий ККД (приблизно на 2%) та відрізняються зернистим візерунком, що буде більш ефективним при розсіяному освітленні.

При виборі типу сонячної панелі необхідно враховувати баланс між номінальною потужністю панелі, її габаритами, ККД і її вагою, що так само не мало важливо, так як майбутня вага всього причепа буде впливати на запас ходу електровелосипеда. Так само, один з критеріїв вибору сонячної панелі - працездатність при затіненні. Тому що конструкція пересувна, відповідно маємо динамічну зміну впливу навколишнього середовища.

Монокристал буде доцільніше встановити на майбутній причем

П, адже монокристалічні панелі, завдяки вищому ККД, дозволяють розмістити більшу потужність масиву ФЕМ, а отже, згенерувати більше електроенергії.

PV-модуль найбільш простої конструкції складається з багатьох шарів (рис. 2.1), де сонячні фотоелементи покриваються декількома покриттями (інкапсулятором), які захищають PV-модуль від потрапляння вологи, а гартоване скло і алюмінієва рама надають модулю необхідної міцності.



*Рисунок 2.1 - Структура PV-модуля.*



Нижче наведено таблицю 2.1 для порівняння основних критеріїв та вибору майбутнього фотомодуля для зарядної станції.

*Таблиця 2.1 - порівняння основних критеріїв фотомодулів*

Назва моделі, виробник	Розміри ДхШ, см	Вага, кг	КПД, %	Потужність, Вт	Потужність на м2, Вт/м2	Вартість, грн	Тип модуля	Особливості
leapton lp72-375m perc 5bb, Leapton	196x99,2	21,5	19,1	375	192,9	4754	монокристалічна	
LG 370W1CA5-NEON R, LG	165x99,1	18,5	20,3	370	226,3	7 370	монокристалічна	Генерування з тильної сторони
LG NeOn 340W, LG	168,6x101,6	17,1	19,8	340	199,65	7113	монокристалічна	
BenQ SunForte PM096B00 333W, BenQ	155,9x104,6	18,6	19,6	333	204,17	16008	монокристалічна	
JA Solar JAM72S03-375/PR 375 Wp, JA Solar	200x99,1	22,5	18,92	375	189,2	4 870	монокристалічна	Генерування з тильної сторони
SunPower SPR-P19-395-COM, SunPower	206,6x99,8	23,1	19,1	395	191,56	7352	монокристалічна	
SunPower MAXEON-3 390W, SunPower	169x104,6	19	22,1	390	220,59	8262	монокристалічна	Shingled Cells

З перерахованих вище критеріїв при пошуку ФЕП, пріоритет віддавався працездатності панелі в умовах затінення та потужності на м<sup>2</sup>. При ознайомленні з поточним ринком сонячних панелей вибір припав на фотомодулі компанії SunPower і ось чому.

Технології SunPower. Комірки Maxeon IBC.

SunPower розпочала масове виробництво високопродуктивних комірок IBC (Interdigitated Back Contact) ще в 2007 році і з тих пір лідирує в галузі, використовуючи те, що вважається найефективнішою сонячною технологією, яка знаходиться на сьогоднішній день. На відміну від звичайних монокристалічних і полікристалічних сонячних елементів, в яких для збору струму використовуються передні встановлені шини і пальці, елементи IBC мають тонку сітку провідників, вбудованих в задню частину елемента. У конструкції комірки IBC, яку SunPower називає «Maxeon» ( Рис 2.2),

використовується сітка з кремнію N-типу і Р-типу на задній стінці, що підвищує ефективність завдяки усуненню необхідності в передніх відкритих шинах, які частково затінюють осередок. Осередки SunPower IBC побудовані на основі високочистого кремнію N-типу, який також підвищує продуктивність і має низьку швидкість розкладання, тому SunPower може запропонувати провідну гарантію продуктивності - 92% збереженої ємності через 25 років як для серій E та X, так і для нового покоління Maxeon 2 і Maxeon 3.

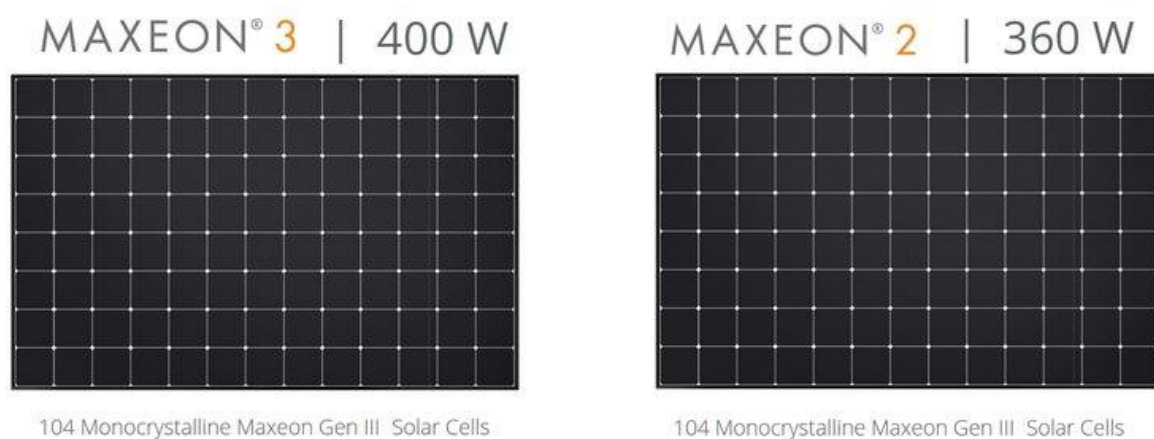


*Рисунок 2.2 - Комірки SunPower Maxeon IBC, використовувані на панелях серії X*

Комірки IBC поточного покоління (3 і 4) від SunPower мають менший формат 5 "(125 x 125 мм), який використовується в 96-елементній компоновці з 8 рядами по 12 комірок. Практично всі інші виробники перейшли на розміри комірок 6 "(156 мм x 156 мм), які складають панель на 60 комірок. Розмір елемента не впливає на продуктивність, але більша кількість елементів відповідає більш високій напрузі, яка може бути проблемною для побутових установок, які можуть мати обмеження напруги 600 В (залежно від країни). Більш висока напруга означає, що менша

кількість панелей може бути пов'язана в ланцюжок до того, як буде досягнуто верхня межа напруги.

Панелі останнього покоління від SunPower, названі просто Махеон 2 і Махеон 3, використовують ще більше комірок, в новому 104-осередковому форматі з 8 рядами 13 комірок 3-го покоління, щоб створити найпотужнішу в світі сонячну панель для житлових приміщень з потужністю 400 Вт . Панелі Махеон 3 потужністю від 370 до 400 Вт заміняють серію Х, а панелі Махеон 2 (Рис 2.3) потужністю від 340 до 360 Вт заміняють серію Е.



Рис

унок 2.3 – Зображення сонячних панелей Махеон 3 і Махеон 2

### Комірки, що перекриваються або Shingled Cells

Shingled Cells - це нова технологія, в якій використовуються тонкі комірки, зібрані горизонтально або вертикально по всій панелі. Панелі серії SunPower P використовують вертикальний формат з 6 довгими комірками паралельно, що забезпечує додаткову стійкість до затінення при частковому затіненні, оскільки кожна довга комірка працює незалежно. Тонкі комірки, що перекриваються також більш гнучкі і менш схильні до мікротріщин, що є поширеною проблемою для звичайних повнорозмірних квадратних комірок. Вони виготовляються шляхом лазерного різання звичайної повнорозмірної комірки на 5 або 6 смуг і накладення шарів в формі гальки з використанням клею для з'єднання з заднього боку. Невелике перекриття кожної смуги комірок приховує одну шину, яка з'єднує смуги комірок.

У серії Р використовуються звичайні кремнієві елементи Р-типу, які, хоча і не так ефективні, як високопродуктивні N-типу, зате набагато більш економічні у виробництві, але все ж таки досягають високої ефективності 19%. Спираючись на гарантію виробника SunPower 25.

Ознайомившись з модельним рядом сонячних панелей даної компанії вибір припав на модель Махеон 3. Її характеристики представлені у таблиці 2.2 та рисунку 2.4 нижче.

Тип панелі	Монокристал
Потужність, кВт	0,39
Вага, кг	19
Розміри, мм	1690 x 1046 x 40
КПД, %	22,1

*Таблиця 2.2 – Характеристики ФЕП Махеон 3.*

Electrical Data			
	SPR-MAX3-400	SPR-MAX3-390	SPR-MAX3-370
Nominal Power (P <sub>nom</sub> ) <sup>7</sup>	400 W	390 W	370 W
Power Tolerance	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Panel Efficiency	22.6%	22.1%	20.9%
Rated Voltage (V <sub>mpp</sub> )	65.8 V	64.5 V	61.8 V
Rated Current (I <sub>mpp</sub> )	6.08 A	6.05 A	5.99 A
Open-Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )	75.6 V	75.3 V	74.7 V
Short-Circuit Current (I <sub>sc</sub> )	6.58 A	6.55 A	6.52 A
Max. System Voltage	1000 V IEC		
Maximum Series Fuse	20 A		
Power Temp Coef.	-0.29% / °C		
Voltage Temp Coef.	-176.8 mV / °C		
Current Temp Coef.	2.9 mA / °C		

Tests And Certifications	
Standard Tests <sup>8</sup>	IEC 61215, IEC 61730
Quality Management Certs	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
EHS Compliance	RoHS (Pending), OHSAS 18001:2007, lead free, REACH SVHC-163 (Pending)
Sustainability	Cradle to Cradle Certified™ (Pending)
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	1000 V: IEC 62804
Available Listings	TUV <sup>9</sup>

*Рисунок 2.4 – Характеристики ФЭП Махеон 3.*

## 2.2 Розрахунок інсоляції

В процесі експлуатації причепа важливо розуміти, що на відміну від статичної сонячної електростанції кут падіння сонячного випромінювання на панель буде змінюватися динамічно, в залежності від напрямку руху, часу доби і пори року. З цього, розрахунок інсоляції на обрану в попередньому пункті панель буде проводитися для різних кутів ( $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $25^\circ$ ) установки панелі щодо горизонту і різних азимутальних кутів ( $-90^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ), щоб мати мінімальні і максимальні значення виробітки для подальших розрахунків акумулятора і, відповідно, збільшення запасу ходу електровелосипеду. Розрахунки інсоляції проводилися середньмісячні за допомогою сайту: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP)

Слід відразу зазначити деякі параметри вказані при розрахунку, а саме:

- пікова потужність фотомодуля: 390 Вт;
- втрати системи: 11%\*;
- розташування: м. Київ;

\*- розрахунки втрат на систему враховували КПД при зарядці акумулятора (94%) та контролера заряду (95%), тобто:  $1 - (0,94 \cdot 0,95) = 0,11$

Після задання початкових умов були отримані наступні результати (Рис 2.5 - 2.20 )

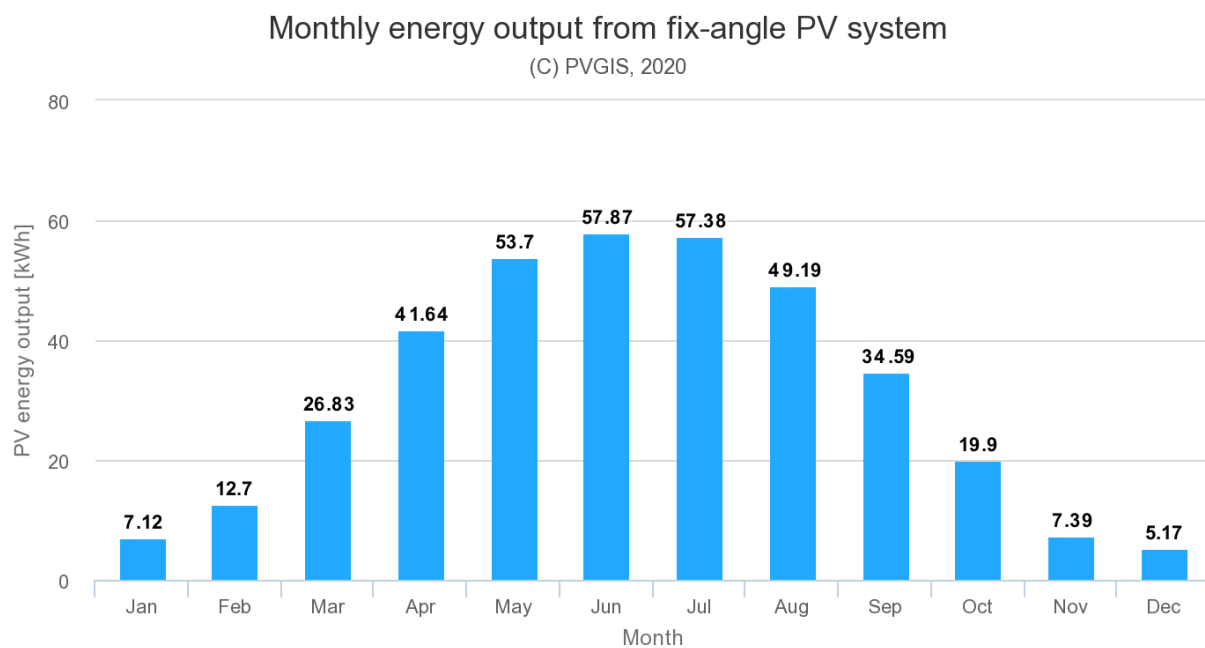


Рисунок 2.5 – Кут нахилу  $0^\circ$ , азимут  $0^\circ$ .

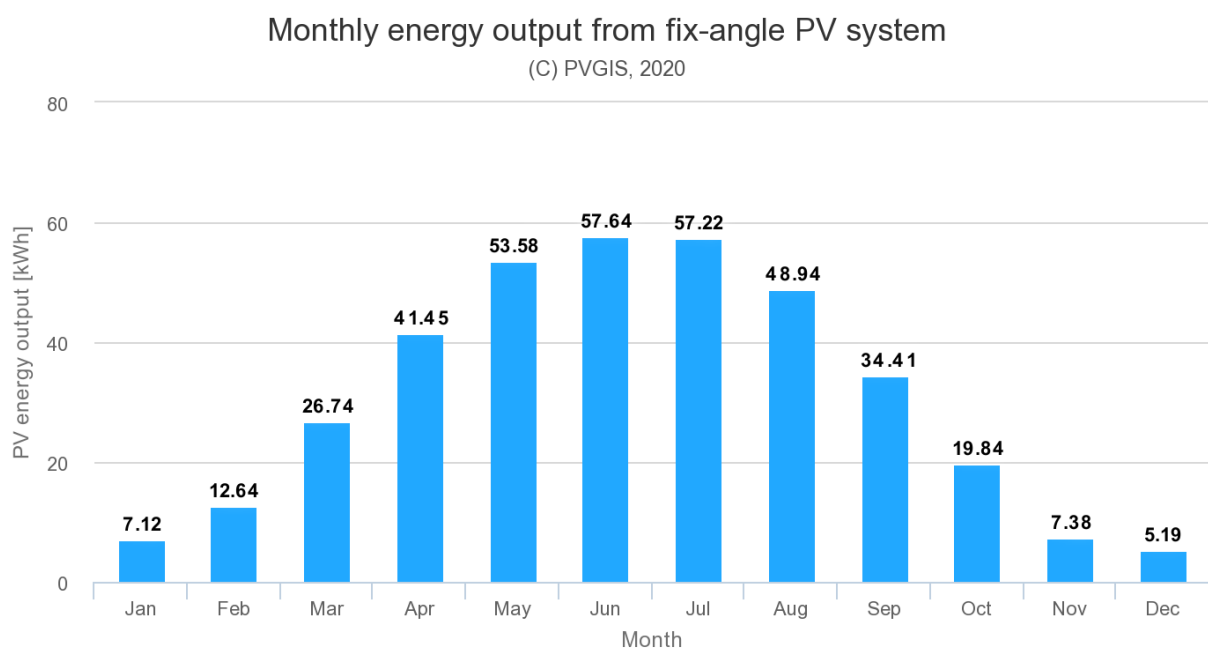


Рисунок 2.6 – Кут нахилу  $5^\circ$ , азимут  $-90^\circ$ .

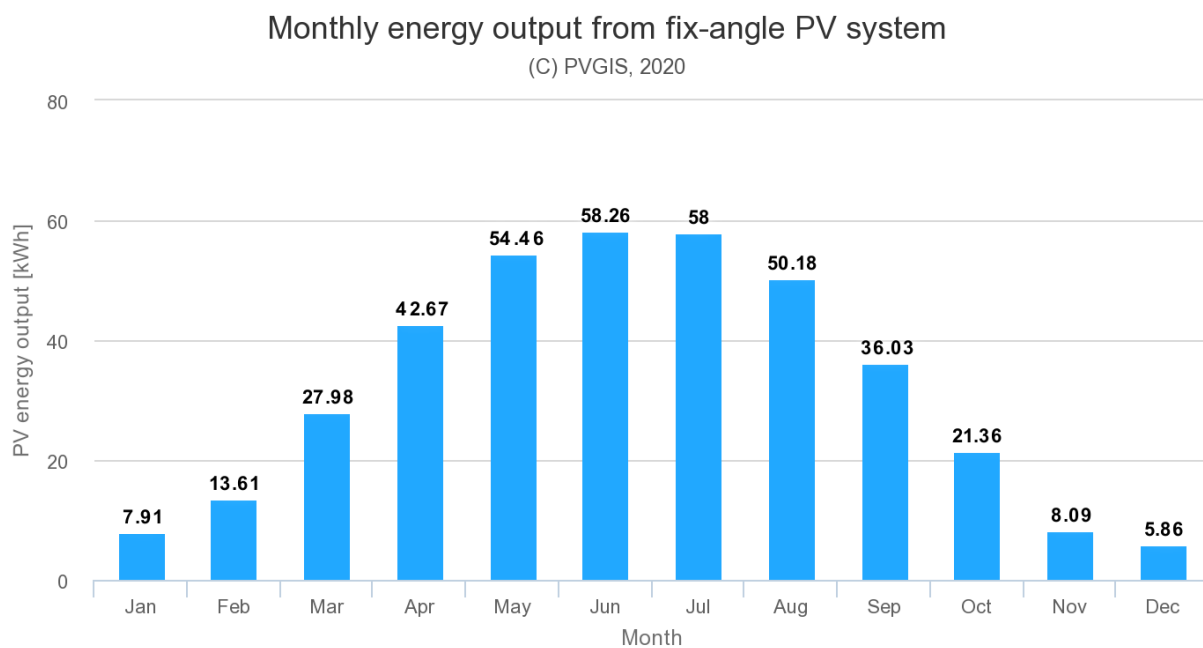


Рисунок 2.7 – Кут нахилу  $5^\circ$ , азимут  $-45^\circ$ .

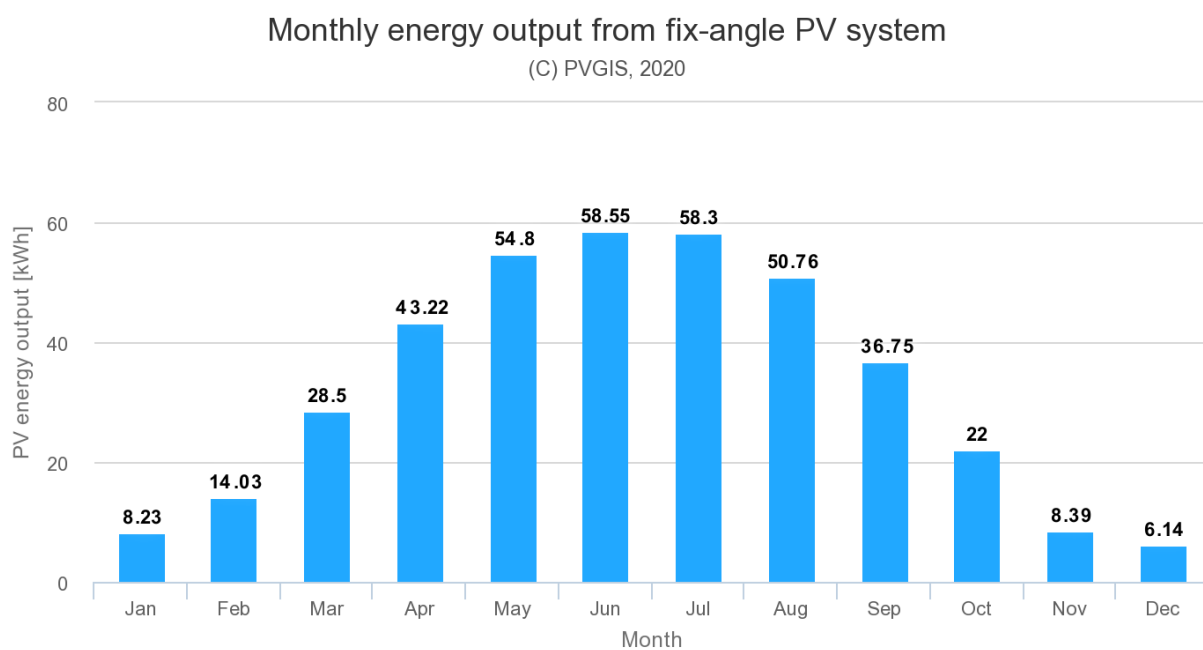


Рисунок 2.8 – Кут нахилу  $5^\circ$ , азимут  $0^\circ$ .



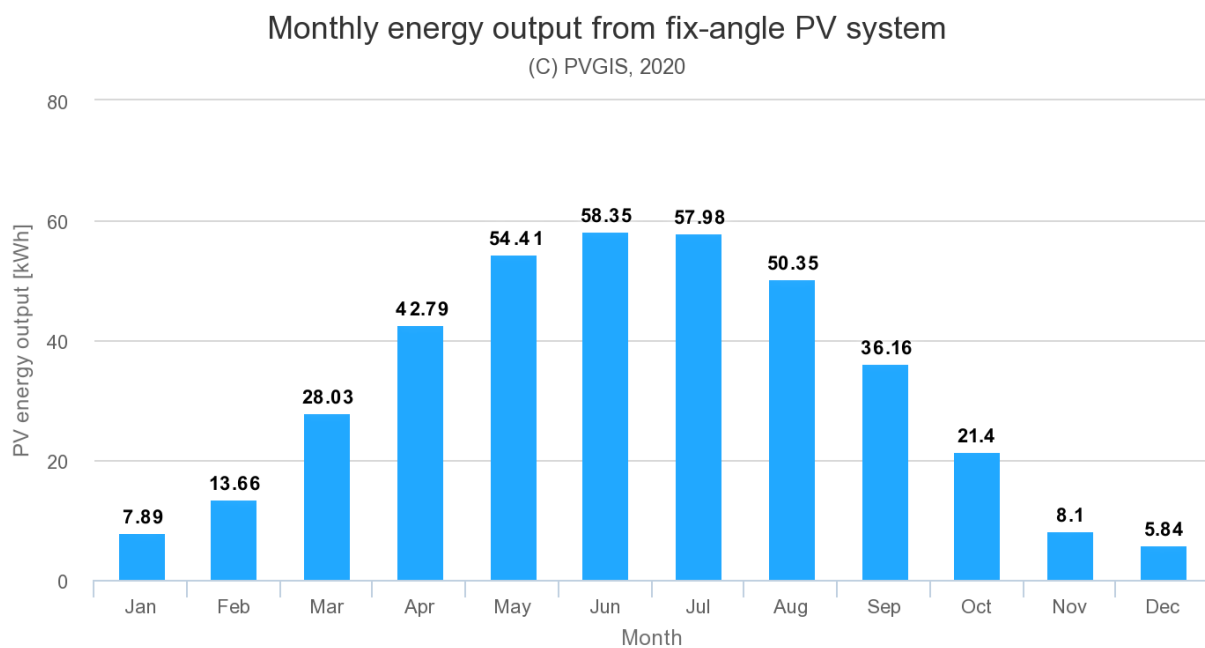


Рисунок 2.9 – Кут нахилу  $5^\circ$ , азимут  $45^\circ$ .

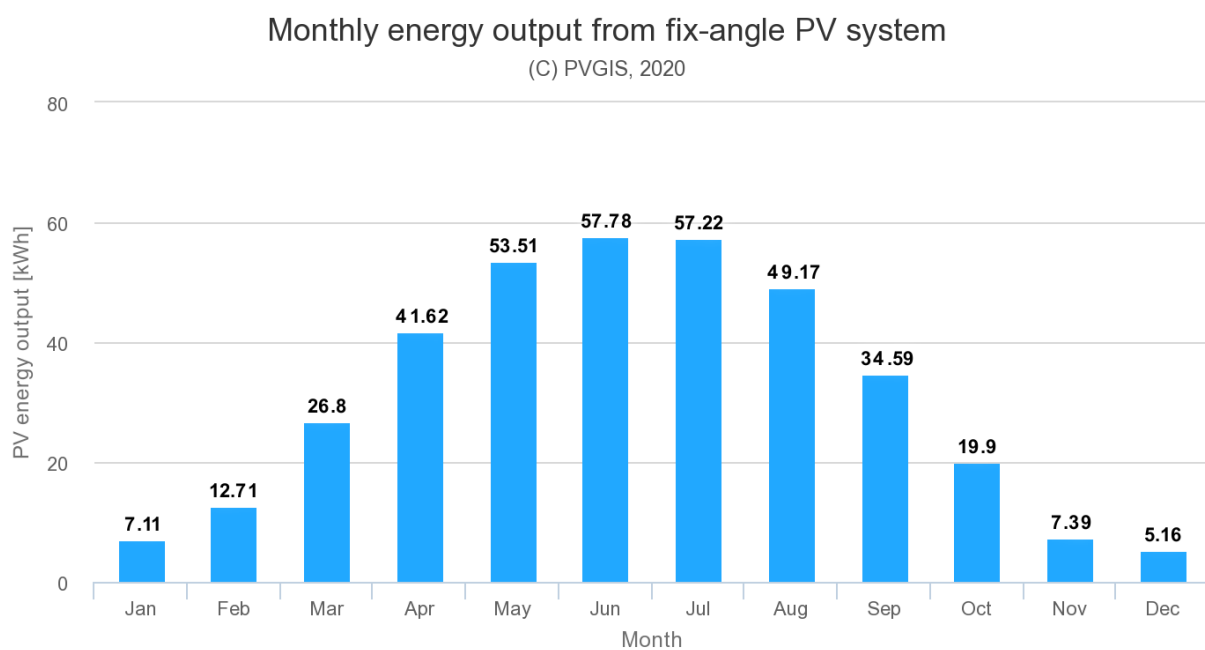


Рисунок 2.10 – Кут нахилу  $5^\circ$ , азимут  $90^\circ$ .

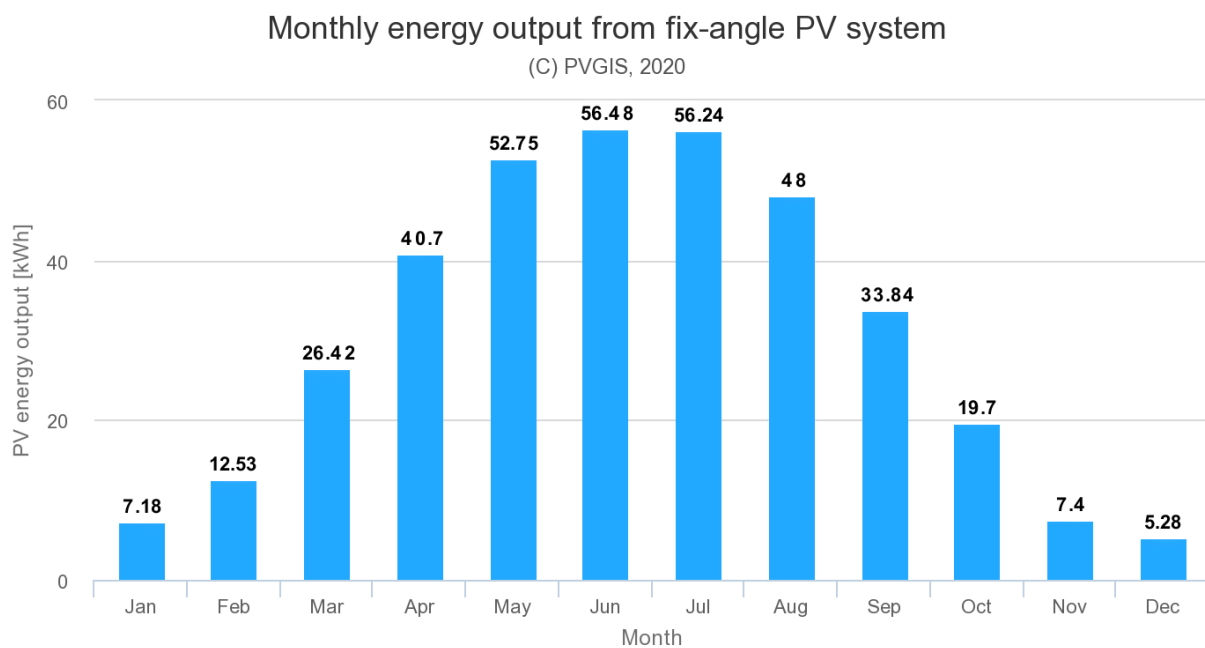


Рисунок 2.11 – Кут нахилу  $15^\circ$ , азимут  $-90^\circ$ .

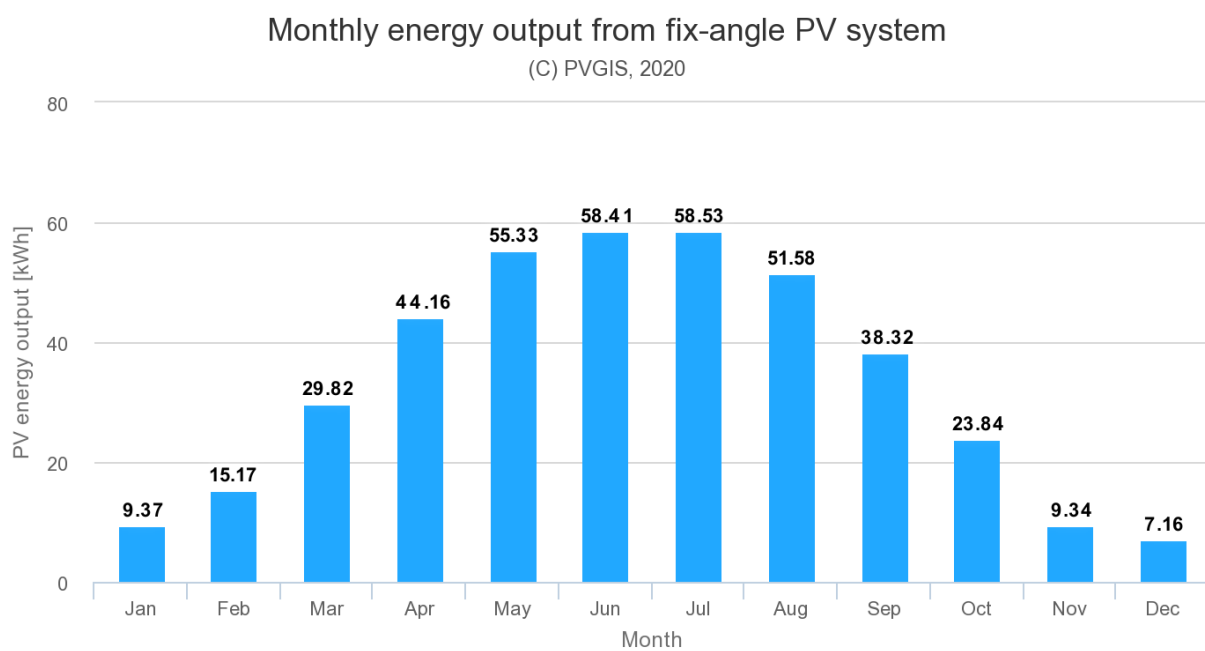


Рисунок 2.12 – Кут нахилу  $15^\circ$ , азимут  $-45^\circ$ .

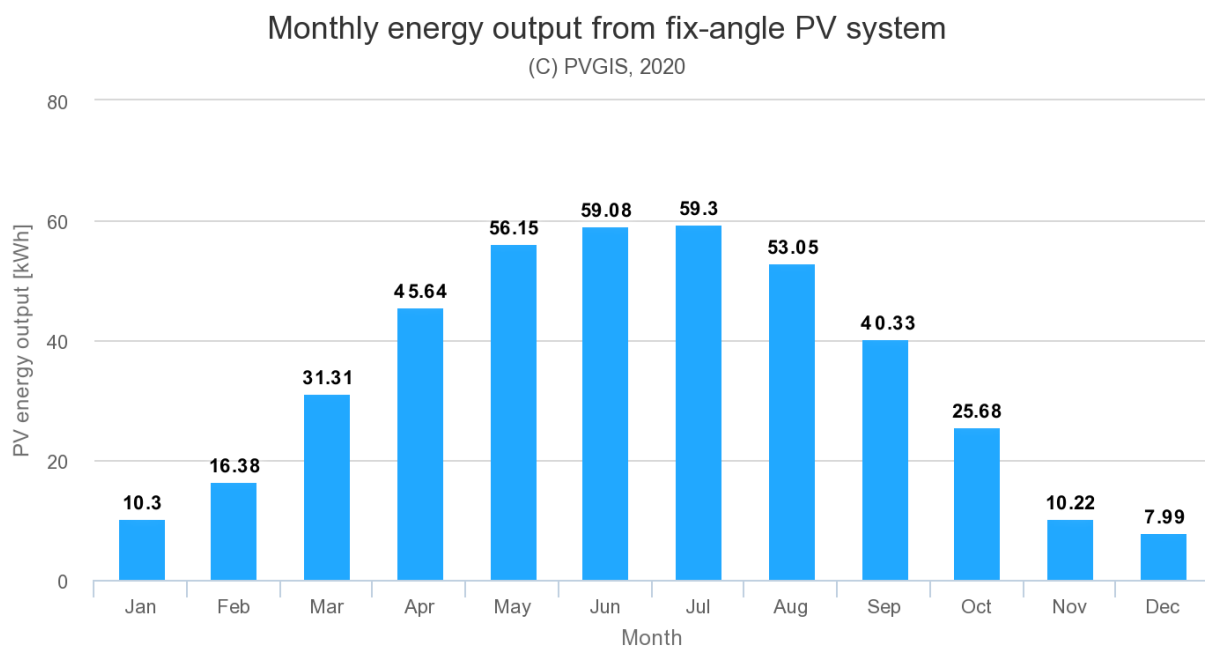


Рисунок 2.13 – Кут нахилу  $15^\circ$ , азимут  $0^\circ$ .

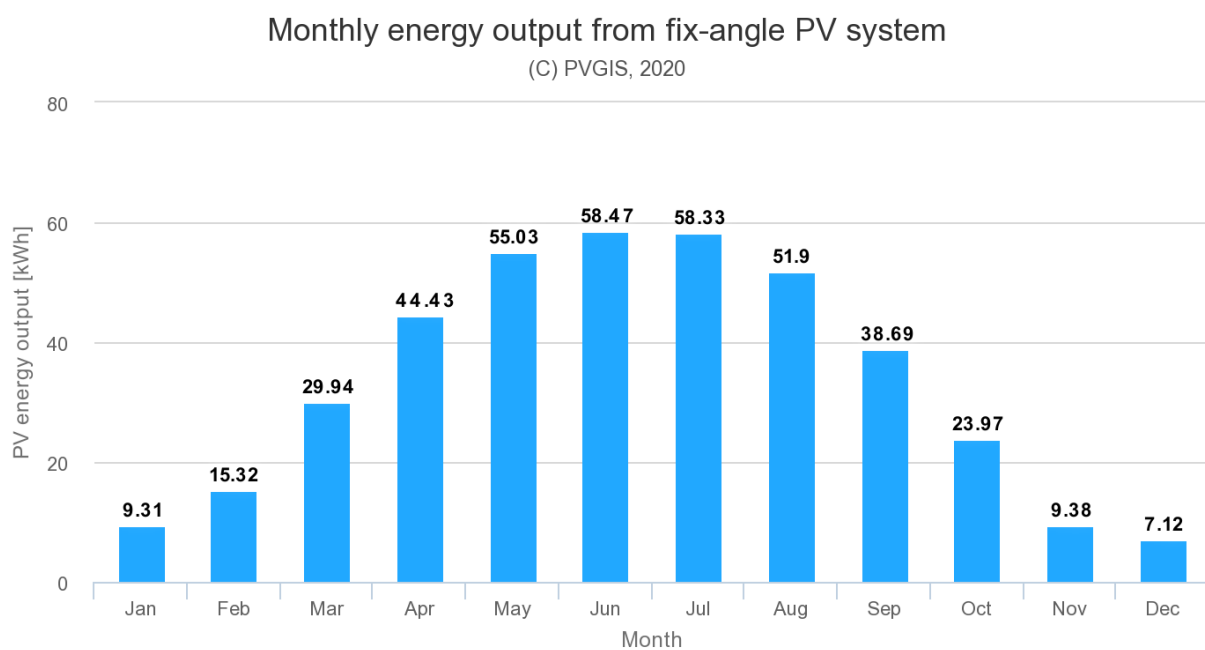
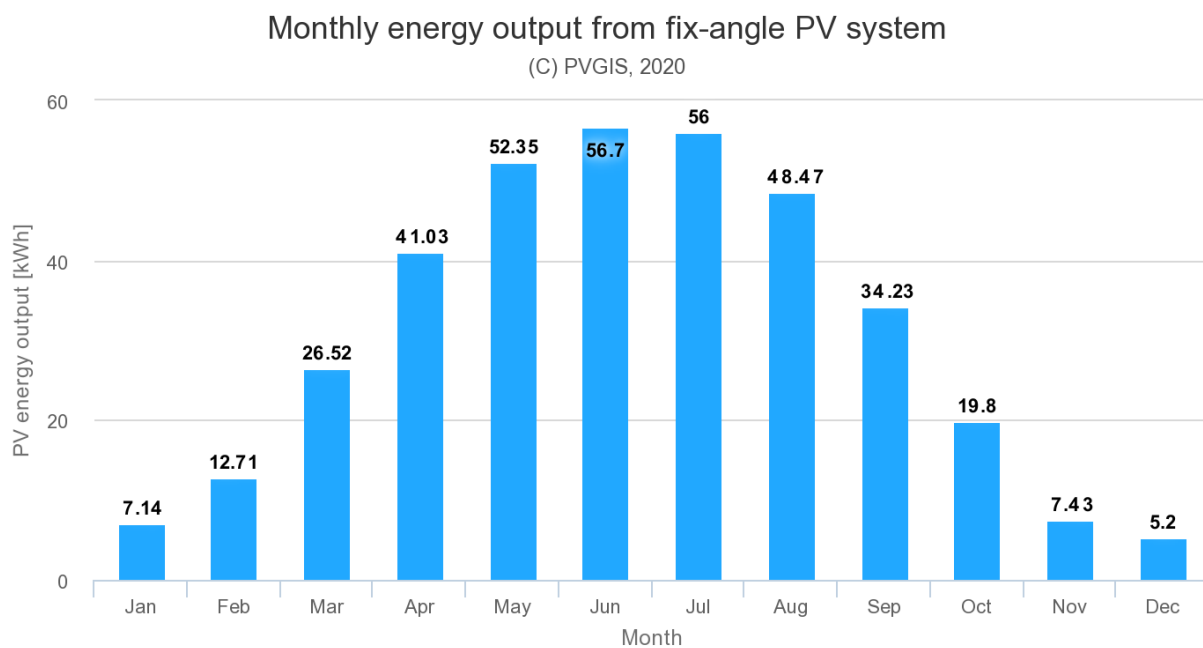
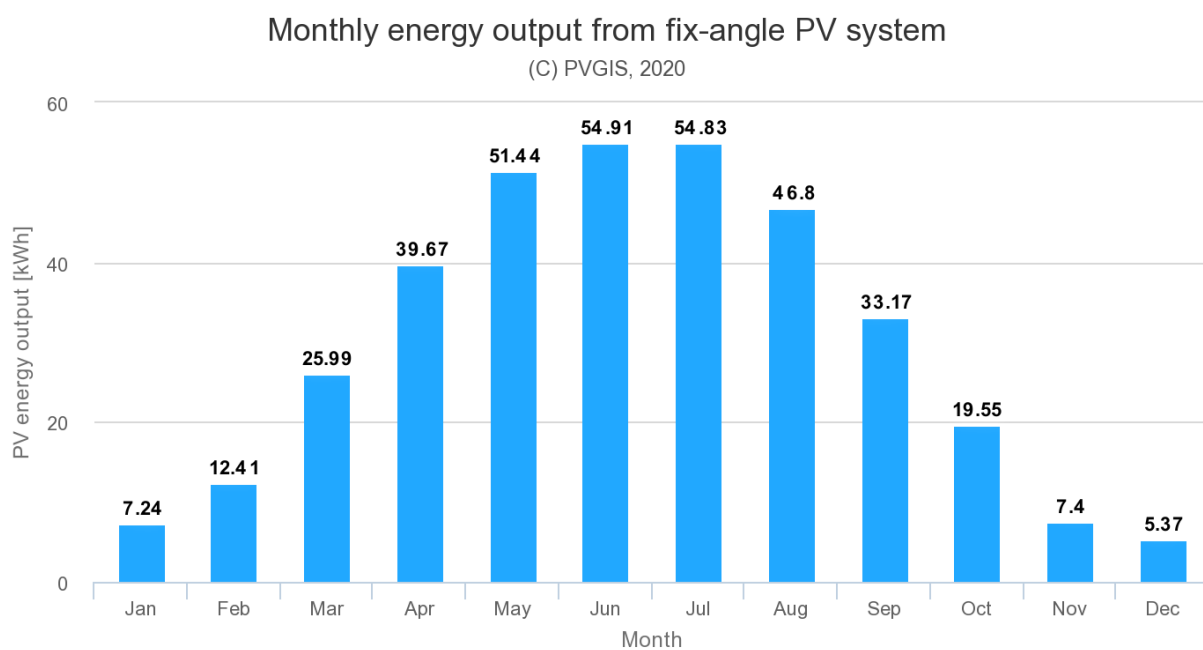


Рисунок 2.14 – Кут нахилу  $15^\circ$ , азимут  $45^\circ$ .



*Рисунок 2.15 – Кут нахилу 15°, азимут 90°.*



*Рисунок 2.16 – Кут нахилу 25°, азимут -90°.*

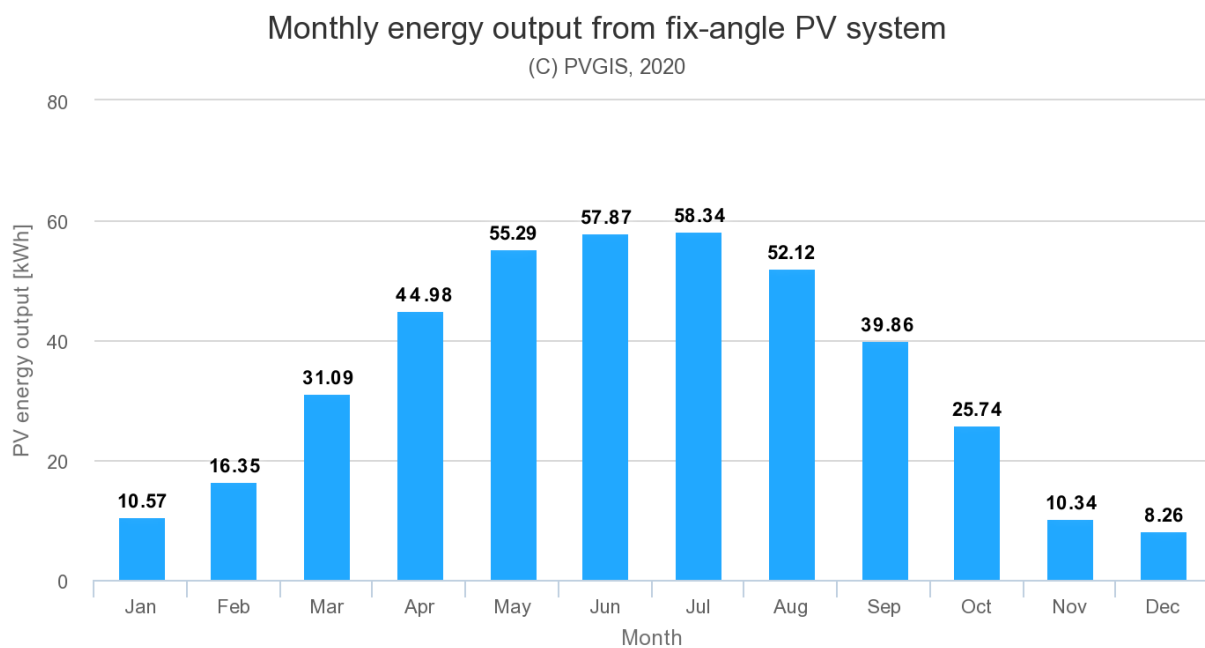


Рисунок 2.17 – Кут нахилу  $25^{\circ}$ , азимут  $-45^{\circ}$ .

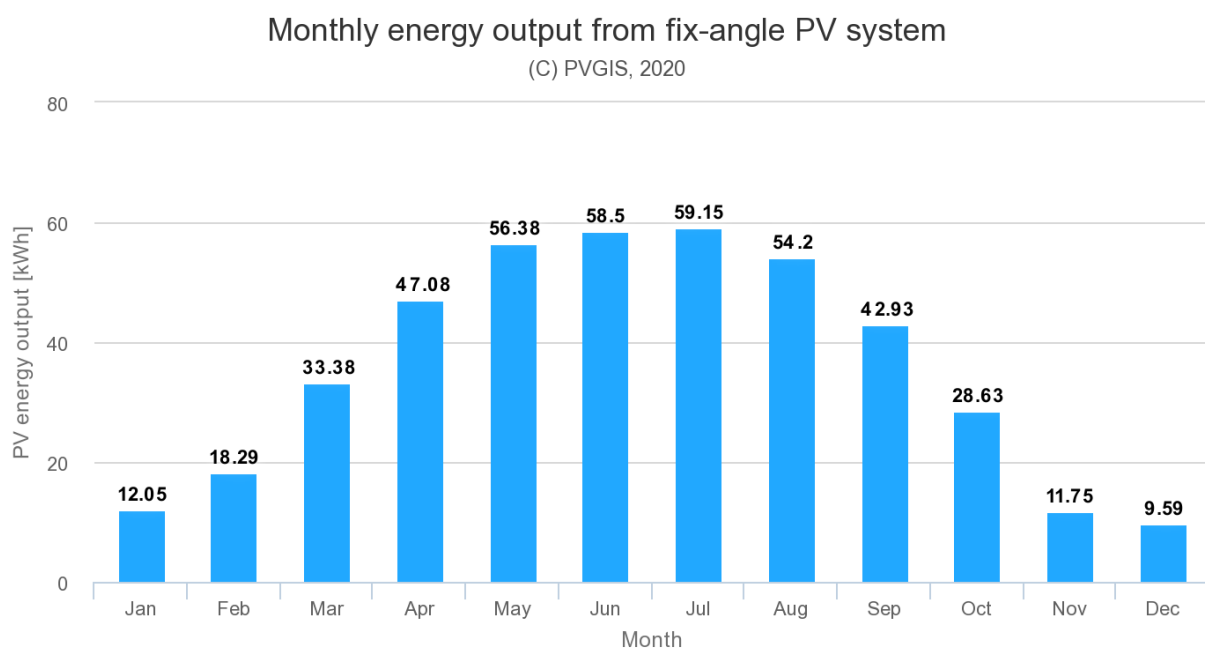
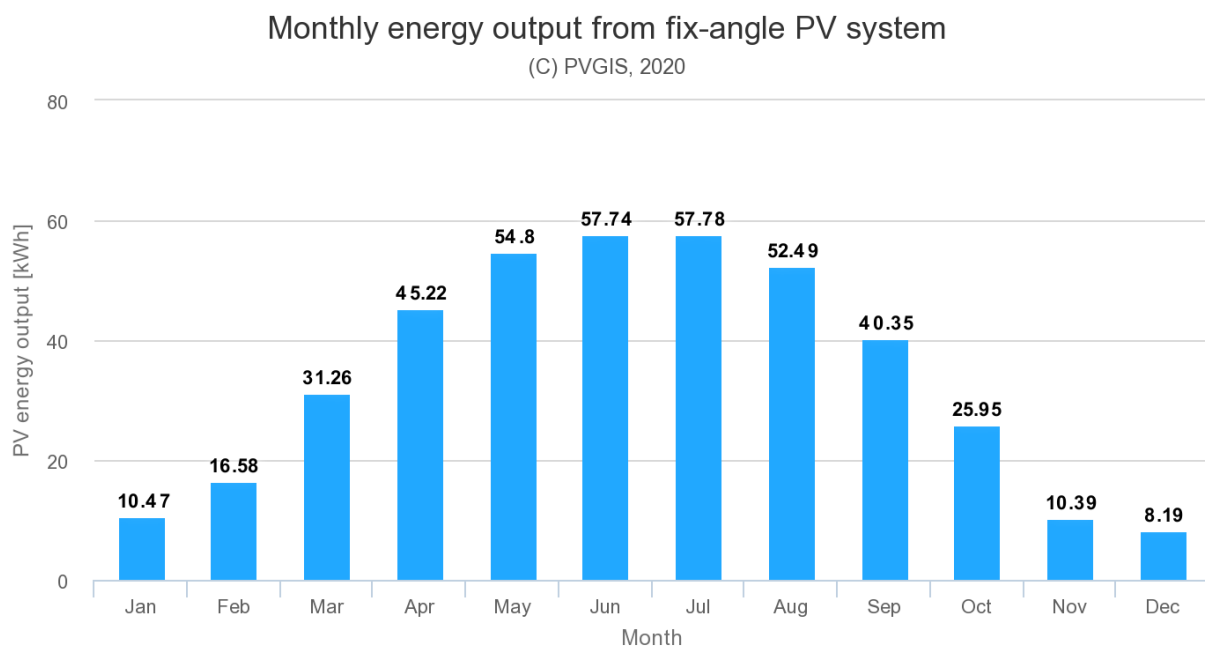
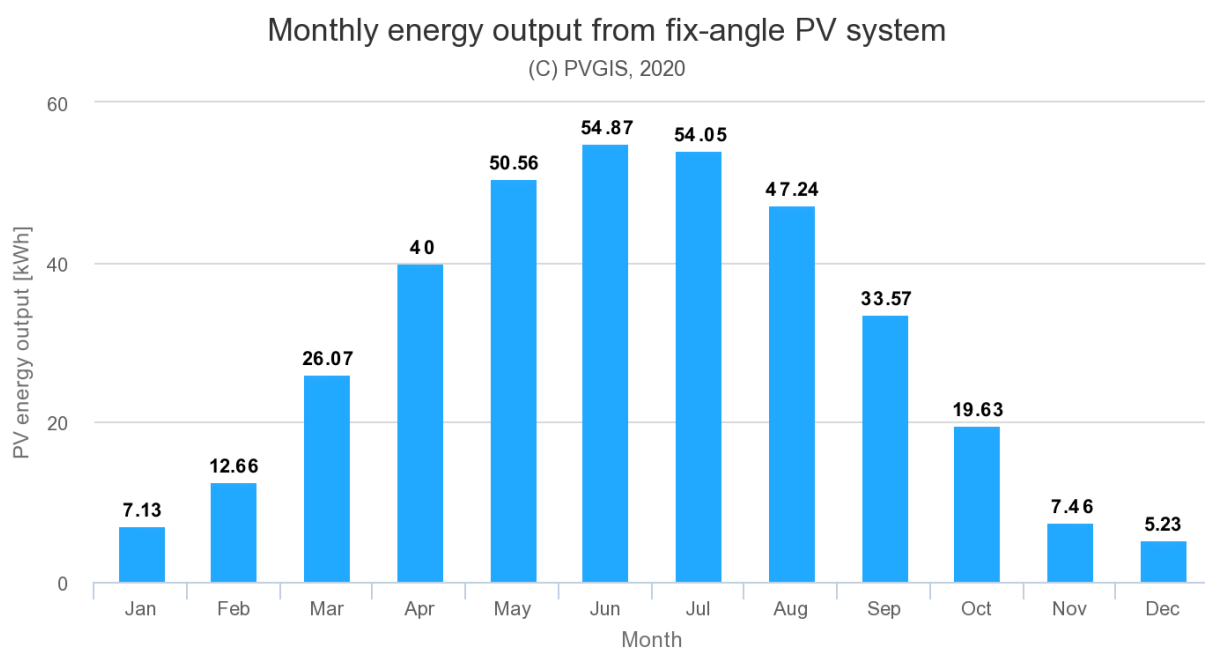


Рисунок 2.18 – Кут нахилу  $25^{\circ}$ , азимут  $0^{\circ}$ .



*Рисунок 2.19 – Кут нахилу 25°, азимут 45°.*



*Рисунок 2.20 – Кут нахилу 25°, азимут 90°.*

Варто нагадати, що велосезон в Україні в середньому триває 8 місяців з березня по жовтень (але бувають винятки, особливо з останніми тенденціями до зміни клімату). Відповідно при оцінці отриманих результатів нас цікавить проміжок року з березня по жовтень включно.

Після оцінки розрахунків генерації ми отримали наступні дані:

- теоретичний мінімум 19,55 кВт/год в жовтні місяці при нахилі фотомодуля  $25^\circ$  і азимуті  $-90^\circ$ ;
- теоретичний максимум 59,15 кВт/год в липні місяці при нахилі фотомодуля  $25^\circ$  і азимуті  $0^\circ$ ;

Вище наведені дані генерації були для цілого місяць, відповідно слід зробити перерахунок на середнє значення за добу, отримаємо відповідно:

- $19,55 \text{ (кВт/год)} / 31 = 0,63 \text{ кВтгод}$
- $59,15 \text{ (кВт/год)} / 31 = 1,91 \text{ кВтгод}$

Отримані мінімальні та максимальні данні середньої теоретичної генерації за добу далі будуть використані при виборі акумулятора та розрахунку збільшення запасу ходу електровелипеда.

### 2.3 Вибір контролера заряду

При виборі контролера заряду основна увага була приділена 2 факторам: перший - максимальна вихідна напруга фотомодуля, другий - вольтаж акумулятора велосипеда.

Максимальна вхідна напруга ФЕП:

$$U_{\max} = U_{\text{ФЕП}} + \Delta t * K$$

$$U_{\text{ФЕП}} = 75,3 \text{ В}$$

$$\Delta t = 25 - (-20) = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$K - \text{температурний коефіцієнт напруги} = 197.6 \text{ mV} / ^{\circ}\text{C}$$

$$U_{\max} = 75,3 + 8,89 = 84,19 \text{ В}$$

При ознайомленні з характеристиками акумуляторів електровелосипедів 95% з них мали 36 В акумулятори.

Опираючись на вхідні данні вище було обрано контролер SmartSolar MPPT 100/20 компанії Victron Energy. Його характеристики приведені на рисунку 2.21.



Контроллер заряда SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Напряжение батареи (автовыбор)	12/24 В			12 / 24 / 48В
Номинальный ток заряда	10 А	15 А	15 А	20 А
Номинальная мощность PV, 12 В 1а,b)	145 Вт	220 Вт	220 Вт	290 Вт
Номинальная мощность PV, 24 В 1а,b)	290 Вт	440 Вт	440 Вт	580 Вт
Номинальная мощность PV, 48 В 1а,b)	н.д.	н.д.	н.д.	1160 Вт
Макс. ток короткого замыкания PV 2)	13 А	15 А	15 А	20 А
Автоматическое отключение нагрузки	Да			
Максимальное напряжение открытой PV цепи	75 В		100 В	
Пиковая эффективность	98%			
Автономное потребление - зарядить	12V: 19 мА 24V: 16 мА			26 / 20 / 19 мА
Автономное потребление - списывать	12V: 10 мА 24V: 8 мА			10 / 8 / 7 мА
Напряжение «абсорбционного» заряда	14,4 В / 28,8 В (регулируется)			14,4 В / 28,8 В / 57,6 В (per.)
Напряжение 'плавающего' заряда	13,8 В / 27,6 В (регулируется)			13,8 В / 27,6 В / 55,2 В (per.)
Алгоритм заряда	Многостадийный адаптивный			
Температурная компенсация	-16 мВ / °C или -32 мВ / °C			
Макс. ток постоянной нагрузки	15 А			20 А / 20 А / 1 А
Отключение нагрузки при низком напряжении	11,1 В / 22,2 В/44,4 В или 11,8 В / 23,6 В/47,2 В или алгоритм Battery Life			
Подключение ранее отключенной нагрузки	13,1 В / 26,2 В/52,4 В или 14 В / 28 В/56 В или алгоритм Battery Life			
Защита	Короткое замыкание на выходе / Перегрев			
Рабочая температура	-30°C до +60 °C (полная номинальная мощность до 40°C)			
Влажность	95%, без конденсации			
Порт передачи данных	VE.Direct (см. техническую документацию по передаче данных на нашем веб-сайте)			
КОРПУС				
Цвет	Синий (RAL 5012)			
Силовые клеммы	6 мм <sup>2</sup> / AWG10			
Категория защиты	IP43 (электронные компоненты) IP22 (зона подключения)			
Вес	0,5 кг		0,6 кг	0,65 кг
Размеры (в x ш x г)	100 x 113 x 40 мм		100 x 113 x 50 мм	100 x 113 x 60 мм
СТАНДАРТЫ				
Безопасность	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1а) При подключении PV электропитания с большей мощностью контроллер ограничит входную мощность. 1б) Напряжение PV должно превысить значение Vbat + 5 В, чтобы контроллер начал работать. Затем минимальное напряжение PV составляет Vbat + 1 В 2) PV с более высоким током КЗ может повредить контроллер.				

Рисунок 2.21 – Характеристики контролера SmartSolar MPPT 100/20.

## 2.4 Вибір акумулятора

У процесі ознайомлення з ринком велосипедів було відмічено наступне, що за типом зарядки велосипеди поділяються на два типи.

Перший - зйомний акумулятор, але зарядка здійснюється без зняття акумулятора за допомогою підключення спеціального зарядного пристрою безпосередньо до акумулятора.

Другий - так само зйомний акумулятор, але в даному варіанті для зарядки акумулятор знімається з велосипеда і встановлюватись на спеціальну зарядну станцію відповідно.

У зв'язку з цим, при подальшій розробці причепа прийнято рішення, що буде розроблено дві концепції причепа. Перша концепція передбачає, що на причепі немає вбудованого акумулятора, але на контролер заряду встановлюється роз'єм, аналогічний роз'єму зарядної станції. У цьому випадку власник електротранспорту просто докуповує необхідну кількість таких же акумуляторів, які йдуть в комплекті з велосипедом. Друга концепція має вбудований акумулятор і для зарядки до велосипеда підключаються зарядний провід підключений до акумулятора в причепі.

Відповідно розрахунки та пошук акумулятора необхідно провести для другої концепції.

З етапу розрахунку генрації фотомодуля, максимальні показники досягли значення 1,91 кВтгод. Також необхідно зібрати 36 В систему. Опираючись на ці вхідні данні та проаналізувавши ринок було вирішено обрати акумулятор Boston Swing 36v15,9Ah компанії Evel. Цей акумулятор має наступні характеристики наведені у таблиці 2.3

Робоча ємність, Агод	15,9
Номінальна робоча напруга, В	36
Відсічення розряду, В	30
Робоче значення струму розряду, А	20
Максимальне значення розрядного струму в імпульсі, А	40
Максимальне постійне значення струму розряду, А	30
Максимальне безперервне значення зарядного струму, А	8
Стандартний струм заряду, А	5
Середній час повної зарядки, години	2
Тип зарядки	CC / CV
температурний діапазон при зарядці, С	10-30
Діапазон робочої температури, С	-15-50
Розмір, см	21x11,5x7
Вага, кг	3,9
Матеріал корпусу	Текстоліт, PVC
Споживання електроенергії за один заряд, кВтгод	0,7

*Таблиця 2.3 – Характеристики акумулятора Boston Swing 36v15,9Ah*

Так як ємність обраного акумулятора 572 Втгод а максимальна теоретично можлива генерація 1,91 кВтгод необхідно 4 акумулятора з'єднані паралельно для збільшення ємності до 2,29 кВтгод.

## 2.5 Розрахунки можливо досяжного збільшення запасу ходу

Аналізуючи проведені розрахунки і вибір обладнання можна зробити наступний висновок. Сердня ємність акумуляторів, встановлених на електровелосипед = 500 Втгод, виходячи з розрахунків генерації обраної панелі, можна сказати, що в залежності від пори року, в яку буде використовуватися причіп, ми можемо забезпечити від одного до чотирьох повних зарядів велосипедних акумуляторів. Отже, збільшити запас ходу мінім в 2 рази, максимум в 5 разів.

На жаль, вся інформація по запасу ходу електровелосипеда, яка надається виробником, так само є умовною і розраховується для "ідеальних" умов експлуатації. В реальності дуже багато зовнішніх чинників впливає на фактичний запас ходу. Починаючи від пори року, режиму використання електродвигуна (мінімальна допомога, середня або ж максимальна), дорожнього покриття і т.д.

У таблиці (Рис 2.22) наведено орієнтовні значення для 30-кілограмового байка з 70-кілограмовим пілотом, отримані дослідним шляхом. Відстань наведено для руху по горизонтальній рівній поверхні без допомоги педалей, тобто тільки на електротязі.

Мощность, Вт	Скорость, км/ч	Расход, Вт*ч/км	Пробег на батарее, км			
			36 V 9.6 Ah (330 Wh)	48 V 9.6 Ah (440 Wh)	48 V 16 Ah (750 Wh)	77 V 15 Ah (1130 Wh)
150 + педали	20	7	47	62	107	161
250	25	10	33	44	75	113
350	30	12	27	36	62	94
500	35	13	23	31	53	80
750	40	18	18	24	41	62
1000	45	22	15	20	34	51
1500	50	30	-	14	25	37
2000	60	34	-	-	22	33
2500	70	42	-	-	17	26
4500	80	55	-	-	-	20

Рисунок 2.22 – Запас ходу електровелосипеда

Але в той же час слід пам'ятати, що більша частина електровелосипедів використовують електродвигун як помічник, збільшуючи крутний момент велосипедиста, а не просто приводить в рух велосипед.

Якщо ж в якості дослідного зразка взяти велосипед Scott Spark eRIDE 910, який при ємності акумулятора 504 Втгод та потужності електродвигуна 250 Вт, має запас ходу до 100 км, необхідно скорегувати запас ходу, враховуючи те, що з використанням причепа збільшиться загальна маса, яку необхідно приводити в рух людині та велосипеду. Орієнтовна вага причепа буде досягаті 40-50 кг. Відповідно загальна вага буде дорівнювати:

$$m_{\text{вел.}} + m_{\text{людини}} + m_{\text{причепа}} \approx 140-150 \text{ кг}$$

$$m_{\text{вел.}} = 23.3 \text{ кг}$$

$$m_{\text{людини}} = 80 \text{ кг}$$

$$m_{\text{причепа}} = 40-50 \text{ кг}$$

Виходячи з цього, вводимо поправочний коефіцієнт для перерахунку запасу ходу  $K_{\text{з.х.}} = 0.66$

Відповідно, формула для розрахунку реального запасу ходу при використанні причепа буде мати вигляд:

$$S_{\text{max}} = (S_1 + S_2) * K_{\text{з.х.}}$$

$S_{\text{max}}$  – максимальний запас ходу з використанням причепа

$S_1$  – запас ходу з використанням лише штатного акумулятора

$S_2$  - додатковий запас ходу, який може дати причеп

$$S_2 = S_1 * (Gen/C)$$

Gen –потужність, згенерована фотомодулем,

C – ємність велосипедного акумулятора

Використовуючи цю формулу зробимо перерахунок запасу ходу на обрані раніше електровелосипеди, результати наведені у таблиці 2.4

Тип велосипеда	Назва моделі	Запас ходу, км
Електродвигун вбудований в колесо	TRINX E-Bike X1E 17	335,2
	Titan Sorento	157,4
	UVOLT Spark Lance	99
Електродвигун вбудований в велосипед	Haibike SDURO HardNine 1.0	126,2-473,2
	Haibike SDURO FullNine 4.0	100,8-504
	Scott Spark eRIDE 910	до 250

*Таблиця 2.4 – запас ходу з використанням причеми с вбудованою ФЕП*

Висновок: проведені теоретичні розрахунки свідчать, що сама ідея даної роботи має практичне значення, оскільки, значна кількість людей використовують електровелосипеди не лише для прогулянок, а й для подорожей на далекі відстані. Звісно, не завжди маршрут передбачає наявність зарядних станцій, відповідно, в даній ситуації, використання електровелосипеда стає недоцільним. Але використовуючи даний принцип з вбудованим фотомодулем електровелосипеди отримують "друге дихання". Якщо ж взяти до уваги те, що розвиток галузей фотомодулів і акумуляторів активно розвивається, є всі шанси що через рік-два всі розрахунки, які були зроблені вище, можуть дати ще більші показники, а отже мати ще більшу актуальність у використанні.

### РОЗДІЛ 3 СТАРТАП-ПРОЕКТ



### 3.1 Опис сартап-проекту

В таблиці 3.1 наведені основні характеристики впровадження сартап-проекту.

*Таблиця 3.1 – Опис сартап-проекту*

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання вбудованих ФЕП для покращення експлуатаційних характеристик комбінованого туристичного електротранспортного засобу	Використання в комбінації з електровелосипедами	Можливість збільшити запас ходу електровелосипеда, та незалежність від стаціонарних зарядних станцій

Головна ідея даного сартапу - можливість збільшити запас ходу електровелосипеда, та незалежність від стаціонарних зарядних станцій при дальніх подорожах.

Даний проект, нажаль, не має такого поняття як термін окупності, проте може вирішити проблему з електричними станціями заряду, яка вже зараз стає актуальною.

Причеп буде мати дві конфігурації, з вмонтованим акумулятором та без нього, залежно від тип електровелосипеда замовника. Також можливе додаткове встановлення інвертора невеликої потужності, для використання данного причепа в якості альтернативного джерела електроенергії, коли він не використовується за призначенням.

Слабкими сторонами цього проекту є складність оцінки можливої генерації.

### 3.2 Економічний розрахунок проекту

№	Обладнання	Кількість, од.	Ціна, грн	Сума, грн
1	ФЕП Махсон 3 SPR-MAX3- 390	1	8262	8262
2	Контролер заряду SmartSolar MPPT 100/20	1	5234	5234
3	Акумулятор Boston Swing 36v15,9Ah	4	5544	22176
4	Кабель, зарядний порт та ін.	1	2400	2400
5	Метал	1	10000	0000
6	Велосипедне колесо	2	1500	3000
7	Роботи по виготовленню	1	2000	2000
Загальна вартість:				53072

*Таблиця 3.2 - Прайс на обладнання та виробництво причепу з вбудованим акумулятором.*

№	Обладнання	Кількість, од.	Ціна, грн	Сума, грн
1	ФЕП Maxeon 3 SPR-MAX3- 390	1	8262	8262
2	Контролер заряду SmartSolar MPPT 100/20	1	5234	5234
3	Кабель, зарядний порт та ін.	1	2400	2400
4	Метал	1	10000	10000
5	Велосипедне колесо	2	1500	3000
6	Роботи по виготовленню	1	2000	2000
Загальна вартість:				30896

*Таблиця 3.3 - Прайс на обладнання та виробництво причепу без вбудованого акумулятора.*

Висновок: так як в даному проекті немає поняття окупності, через те, що вироблена електроенергія за рахунок фотоелемента не йде на продаж, з цього прийнято рішення оцінювати економічну привабливість.

Результати орієнтовної вартості двох варіантів проекту наведені вище в таблицях. Вартість проекту з вбудованими акумуляторами становить – 53072 грн, вартість проект без вбудованих акумуляторів – 30896 грн . З огляду на те, що вартість самого електротранспорту коливається в діапазоні від до 50000 грн до 200000, то вартість пересувної зарядної станції не здається великою.

Все залежить від цілей покупця, для пласта людей, які використовують велосипеди для далеких подорожей - даний причіп буде дуже актуальним, оскільки неможливо в фінансовому еквіваленті оцінити проблеми від нестачі стаціонарних зарядних станцій.

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 4.1 Охорона праці та її основні поняття

Охороною праці називають систему правових, лікувально-профілактичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, та соціально-економічних заходів, які спрямовані на збереження життя та здоров'я робітників у процесі їхньої трудової діяльності. Мета охорони праці - створення безпечних для робітника умов праці та забезпечення високоефективної працездатності.

Оскільки охорона праці являє собою соціально технічну дисципліну, то вона вивчає технічні й практичні аспекти безпечної роботи, передбачає травматизм, який може виникнути під час виробничого процесу, захворювань, які пов'язані з професією, можливих отруєнь, можливих надзвичайних ситуацій, пожеж й вибухів на виробництві. Вивчення охорони праці відбувається з метою формування у майбутніх працівників необхідного рівня знань і вміння у організаційних та правових питаннях з науки охорони праці, організаційних й санітарії на робочому місці, техніки безпеки, та практичної реалізації основних завдань. Щодо Конституції України, то в ній пріоритет ставиться не на результати виробництва підприємства, а на охорону здоров'я й життя працівників, які працюють на цьому виробництві.

Предметом науки охорони праці являється умова праці, а об'єкт - виробнича система. Виробнича система - це особисто працівник, обладнання, на якому відбувається праця самого робітника та середовище, де він знаходиться і виконує виробничі процеси.

Методологічна основа – це систематичний підхід до вчення організаційних питань праці, які виникають зі сторони її безпеки, функціональність схеми: «працівник – обладнання – середовище праці», аналіз фактору фізичної, біологічної, психологічної, хімічної та соц безпеки виробництва.

Основна мета науки охорони праці – це надання необхідних знань з основи охорони праці. Головне завдання даної науки це гуманізацію

праці, що означає те, що потрібно пильнувати за перевтомою, можливими професійними захворюваннями та забезпечення сприятливих умов праці.

Під небезпекою розуміють певні явища, об'єкти, властивості та процеси, що можуть негативно впливати на здоров'я та працездатність людини. А під безпекою розуміють відсутність негативних факторів, що можуть впливати на працездатність та здоров'я людини.

Технікою безпеки називають нормативні заходи, що допомагають запобігти негативному впливу на людей, що працюють на виробництві.

Умовами праці називають охоплення факторів середовища виробництва, які можуть впливати на здоров'я та працездатність працівника в процесі його роботи.

#### 4.2. Вимоги безпеки під час використання сонячних батарей

Впродовж останніх років використання альтернативних джерел енергії для задоволення господарських потреб стало поширеним в багатьох європейських країнах. Варто відзначити, що на сьогоднішній день в Україні немає спеціального законодавства щодо використання сонячних батарей. Більш того, виробники новітніх екопристроїв самі дали відповідь на поставлене запитання – свої вироби вони пропонують прирівнювати до звичайних побутових електроприладів, що автоматично відкидає необхідність отримання будь-яких дозволів. Відповідно до статті 11 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» експлуатація альтернативних джерел енергії на об'єктах альтернативної енергетики проводиться за умов:

1. безпечного проведення робіт, здійснення державного нагляду за режимами споживання енергії;
2. енергетичної безпеки, що гарантує технічне та економічне задоволення періодичних, поточних і перспективних потреб споживачів енергії;
3. виконання технологічних вимог щодо виробництва, акумулювання, передачі, постачання та споживання енергії;
4. додержання єдиних державних норм, правил і стандартів усіма суб'єктами відносин;
5. додержання правил експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, що регламентуються нормативно-правовими актами, обов'язковими для виконання всіма суб'єктами підприємницької діяльності.

Відповідно до статті 12 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» протиаварійний захист та забезпечення екологічної безпеки при використанні альтернативних джерел енергії здійснюються шляхом:



1. запобігання аварійним ситуаціям і ліквідації їх наслідків на об'єктах альтернативної енергетики за рахунок додержання вимог та правил, встановлених відповідно до державних стандартів;

2. створення умов для розвитку, підвищення технічного рівня, безпечної експлуатації та охорони об'єктів альтернативної енергетики згідно із законодавством;

3. підтримки необхідного балансу потужності та якості енергії, виробленої з альтернативних джерел, для забезпечення надійного і безаварійного функціонування з об'єднаною енергетичною системою України;

4. здійснення нагляду за впровадженням нових систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики, а також засобів зв'язку і диспетчерського (оперативнотехнологічного) управління з енергетичними мережами України;

5. здійснення нагляду за експлуатацією систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики від несанкціонованого втручання.

Державний нагляд у сфері альтернативних джерел енергії здійснює спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у відповідній сфері та інші органи у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України .

Щодо сонячних батарей, то для того щоб система з сонячних батарей працювала, потрібно встановити ряд додаткових електроприладів, зокрема:; акумуляторну батарею, яка повинна накопичувати енергію; контролер заряду акумулятора. Оскільки працездатність системи безумовно залежить від ступеня зарядженості литій-іонних батарей, необхідно ознайомитись з «Інструкцією з охорони праці при експлуатації литій-іонних акумуляторних батарей».

Так як до системи з сонячних батарей входять електроприлади (контролер), то слід дотримуватись системи засобів і заходів безпечної експлуатації електроустановок. Ізоляція струмовідних частин забезпечується шляхом покриття їх шаром діелектрика для захисту людини від випадкового доторкання до частин електроустановок, через які проходить струм.

Електрозахисними засобами називаються вироби, що переносяться та перевозяться і слугують для захисту людей, які працюють з електроустановками, від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги та електромагнітного поля. Розрізняють основні й додаткові ізолювальні електрозахисні засоби.

### 4.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.3.1. У разі пошкодження баків акумуляторів, розливання кислоти тощо терміново вжити необхідних заходів щодо ліквідації аварії:

- огородити небезпечну зону, залишити її, не допускати в неї сторонніх осіб.
- повідомити про аварійну ситуацію або нещасний випадок керівника робіт.
- якщо є потерпілі, надати їм першу медичну допомогу; при необхідності, викликати швидку медичну допомогу.

4.3.2. У разі попадання сірчаної кислоти на шкіру або в очі необхідно змити її струменем води, потім промити 5%-ним розчином питної соди (для шкіри тіла) і 2-3% -ним (для очей) і доповісти про це керівнику робіт.

4.3.3. При попаданні лугу на шкіру або в очі необхідно змити його струменем води, потім промити 5-10% -ним розчином борної кислоти (для шкіри тіла) і 2%-ним розчином борної кислоти (для очей) і повідомити керівнику.

4.3.4. Пролиту сірчану кислоту потрібно засипати тирсою, змочити розчином соди або засипати содою і витерти досуха.

4.3.5. У разі виявлення ознак отруєння аерозолями лугу необхідно вивести потерпілого на свіже повітря, дати йому випити молока як нейтралізуючий розчин, при необхідності, викликати бригаду швидкої допомоги.

4.3.6. Якщо пролито луг, то його треба засипати піском або тирсою, видалити пісок (ошурки) і залити це місце розчином сильно розбавленої соляної або оцтової кислоти. Потім видалити нейтралізуючий розчин кислоти, вимити підлогу і рукавички водою і протерти їх досуха.

Якщо пролита кислота, то її засипають піском (тирсою засипати неможна!), потім видаляють пісок, що просочився кислотою, і засипають поверхню содою. Соду потім також видаляють і промивають це місце великою кількістю води.

Електроліт, пролитий на стелаж, треба витерти ганчір'ям, змоченим в 10%-ному нейтралізуючому розчині, а пролитий на підлогу - спочатку посипати тирсою, зібрати її, а потім це місце змочити нейтралізуючим розчином і протерти досуха.

Розчини і речовини для нейтралізації проливів кислоти, лугу або електроліту повинні зберігатися на стелажі протягом усього робочого часу і мати чіткі написи.

4.3.7. Якщо сталася пожежа, необхідно викликати пожежну частину і приступити до її гасіння наявними засобами пожежогасіння.

#### 4.4 Перша допомога при нещасних випадках.

##### 4.4.1. Перша допомога при ураженні електричним струмом.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення - відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані оживлення починати необхідно негайно, після чого викликати швидку медичну допомогу.

##### 4.4.2. Перша допомога при опіках кислотами і лугами.

У разі попадання кислоти або лугу на шкіру необхідно ретельно промити місце ураження водою на протязі 15-20 хвилин, після цього пошкоджену кислотою поверхню обмити 5 %-ним розчином питної соди, а обпечену лугом - 3 %-ним розчином борної кислоти або 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

У разі попадання на слизову оболонку очей кислоти або лугу необхідно очі ретельно промити водою на протязі 15-20 хвилин, обмити 5 %- ним розчином питної соди (у разі попадання кислоти), а обпечену лугом - 3 %-ним розчином борної кислоти або 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

При опіках порожнини рота лугом необхідно полоскати рот 3 %- ним розчином оцтової кислоти або 3 %- ним розчином борної кислоти, при опіках кислотою - 5 %- ним розчином питної соди.

У разі попадання кислоти в дихальні шляхи необхідно дихати розпиленням за допомогою пульверизатора 10 %- ним розчином питної соди, при попаданні лугу - розпиленням 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

4.4.3. Конкретні дії щодо надання першої допомоги постраждалому при різних ураженнях описані в інструкції № \_\_\_\_ «Про надання першої (долікарської) медичної допомоги при нещасних випадках», яка вивчається робітниками підприємства при проходженні первинного та послідуєчих інструктажів з питань охорони праці.

4.4.4. Якщо сталася пожежа, необхідно викликати пожежну частину і приступити до її гасіння наявними засобами пожежогасіння.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною ідей даної роботи було поліпшення експлуатаційних характеристик електротранспорту за рахунок збільшення запасу ходу. В процесі роботи була розрахована і проаналізована сонячна генірація в умовах динамічної зміни кутів розташування фотомодуля. На підставі отриманих даних був проведений підбір необхідного обладнання для причепа. Основним критерієм при виборі обладнання були умови експлуатації причепа. Була проведена розробка стартап-проекту, розрахунок економічної привабливості. Отримані значення вказують на те, що з використанням даної пересувний зарядної станції, в середньому, можна збільшити запас ходу до 4 разів. Що, на мою думку, є дуже хорошою альтернативою, в умовах відсутності спеціальних зарядних станцій, особливо беручи до уваги нові можливості у вигляді далеких поїздок.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О.Ю. Гаєвський, О.В. Ушкаленко «Визначення оптимальних кутів фотоелектричних панелей». Відновлювана енергетика №1. –НТУУ «КПІ», 2016. – 21-26с.
2. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підруч. К.: НТУУ, КПІ, 2012.
3. Основи експлуатації енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії: посібник. В.М. Головка. НТУУ «КПІ», 2010. – 138с.
4. Технічний паспорт фотомодуля SunPower Maxeon 3-390. Режим доступу: [https://solarenergo.ua/wp-content/uploads/2019/11/SunPower-MAX3-400-390\\_UKR.pdf](https://solarenergo.ua/wp-content/uploads/2019/11/SunPower-MAX3-400-390_UKR.pdf)
5. Електрообладнання велосипеда Scott. Режим доступу: [https://si.shimano.com/pdfs/sm/SM-SHIMANO\\_STEPS\\_US-000.pdf](https://si.shimano.com/pdfs/sm/SM-SHIMANO_STEPS_US-000.pdf)
6. Експериментальні дані запасу ходу електровелосипеда. Режим доступу: <https://e4bike.ru/page/speed-and-mileage>
7. PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM  
Режим доступу: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP)
8. Технічний паспорт контролера заряду SmartSolar MPPT 100-20 .  
Режим доступу:  
[https://www.victronenergy.ru/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-75-10,-75-15,-100-15,-100-20\\_48V-RU.pdf](https://www.victronenergy.ru/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-75-10,-75-15,-100-15,-100-20_48V-RU.pdf)